Untersuchungen

über

die Entwicklung

der Empusa Muscae und Empusa radicans

und die

durch sie verursachten Epidemien der Stubenfliegen und Raupen.

Von

Dr. Oscar Brefeld.

Mit vier Kupfertafeln.

Besonders abgedruckt aus den Abhandlungen der Naturf. Gesellschaft zu Halle Band XII.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1871.

Im Laufe des Sommers 1869 nahm ich an einer eingehenden Untersuchung insectentödtender Pilze — *Botrytis Bassii* und *Isarien* — Antheil, die im botanischen Laboratorium zu Halle zur Ausführung kam und deren Ergebniss Prof. de Bary in der botanischen Zeitung mitgetheilt hat *). Noch vor Ende der Untersuchung, gegen Mitte Juli, brach die wohl allgemein bekannte Krankheit unter den Stubenfliegen aus, die alljährlich wiederkehrend namentlich im Herbste, wenn die Thiere massenhaft in die menschlichen Wohnungen dringen, unter ihnen epidemisch wird, und sie in ungeheurer Zahl vernichtet. Das Erkranken der Fliege ist von dem Auftreten eigenthümlicher Zellen in ihrem Blute begleitet, die zu einem Pilze auswachsen, der erst nach erfolgtem Tode des Thieres dessen Leibeshaut durchbricht, als weisser Anflug an dem stark geschwollenen Leibe mit unbewaffnetem Auge sichtbar wird und sich dann bald auf die nächste Umgebung überträgt. Zahlreiche Untersuchungen haben es bisher nicht vermocht, die Entwicklungsgeschichte des Pilzes vollständig festzustellen, noch auch bestimmt zu entscheiden, ob der Pilz die Ursache oder die Folge der Krankheit ist.

In dem so nahe liegenden, allverbreiteten Materiale bot sich mir eine sehr willkommene Gelegenheit, die begonnene Untersuchung insectenbewohnender Pilze an den Repräsentanten einer anderen Gattung, als die bisher untersuchten, fortzusetzen.

Sie führte schon in der Einleitung zur Auffindung eines neuen Insectenpilzes, der seine Opfer unter den Raupen des Kohlweisslings findet. Derselbe erwies sich bald als naher Verwandter des Fliegenpilzes, für dessen Untersuchung er in den einzelnen, völlig klaren Zügen seines Entwicklungsganges gewissermassen als Muster diente. Je unähnlicher in Form und äusserer Erscheinung beide Pilze auf den ersten Blick sind, um so mehr überrascht die völlige Uebereinstimmung ihrer morphologischen Charaktere; die hoch organisirte, in allen Einzelheiten ihres Baues wohl gegliederte Form des Raupenpilzes tritt uns in dem Fliegenpilze auf das fast denkbar Möglichste

*) A. de Bary, zur Kenntniss insectentödtender Pilze. Bot. Zeitg. 1869. S. 585.

vereinfacht entgegen. Beide stehen offenbar an den entgegengesetzten Ausgangspunkten einer wohlcharakterisirten Pilzgattung, deren Lebensbild und Charakter ich in nachstehender Beschreibung zu entwickeln gedenke.

I. Litteratur *).

Die älteren Untersuchungen unserer Pilzgattung beschränken sich fast allein auf den Fliegenpilz, dessen auffallende Erscheinung schon früh die Aufmerksamkeit der Naturforscher angezogen hat; sie wurden erst in neuester Zeit durch die kurze Notiz über einige insectentödtende Pilze ergänzt, die Fresenius dem Fliegenpilze zugesellte. Von einer Litteratur im Allgemeinen kann daher nicht die Rede sein, sie fällt vielmehr annährend mit der speciellen Literatur des Fliegenpilzes zusammen. Sie mag, indem ich sie hier vorausschicke, den Zweck erfüllen: zunächst, die positiven Kenntnisse über den Fliegenpilz in ihrer allmählichen Entwicklung zusammenzufassen, dann, die verschiedenen Vermuthungen und Ansichten kennen zu lehren, die bis dahin dazu dienen mussten, die Lücken in der Kette positiver Thatsachen und exacter Beobachtung auszufüllen, endlich die Fragen zu präcisiren, welche die weitere nachfolgende Untersuchung zu beantworten haben wird.

Nur der Vollständigkeit halber mögen die älteren Notizen über die Fliegenkrankheit hier als Einleitung dienen.

Die erste Erwähnung der Fliegenkrankheit findet sich bei de Geer **), sie ist im kurzen Auszuge auch in der allgemeinen Naturgeschichte von Oken ***) enthalten. De Geer beschreibt nur die äusseren Krankheitserscheinungen bei den Fliegen, ohne über ihre Ursache eine andere Vermuthung auszusprechen, als dass sie in etwas Giftigem bestehen müsse, das die Fliegen mit der Nahrung aufgenommen hätten. Im Leibe der Fliege fand er nur eine ölige Flüssigkeit.

Die erste Ansicht über das Wesen der Krankheit spricht Goethe aus in den Heften zur Morphologie I. †).

---

*) Das Manuscript der Arbeit wurde im Juli d. J. der Redaction übergeben. Einzelne später erschienene Arbeiten konnten daher hier um so weniger berücksichtigt werden, als die inzwischen eingetretenen Ereignisse den Verfasser zum Heere gerufen haben. (Redaction.)

**) de Geer, Abhandlungen zur Geschichte der Insecten, übersetzt von Götze. Nürnberg 1782. Bd. IV. p. 38.

***) Allgem. Naturgesch. von Oken. Bd. V. 1. Abthl. S. 788.

†) Goethe's Werke, vollständige Ausgabe letzter Hand 1842. Bd. 58. p. 175.

Sie besteht nach ihm in einer zerstörenden Verstäubung des Insectes, die er etwa einen Tag nach dem Tode beginnen sah und zwar aus den Seitenporen des Hinterleibes. Dieselbe währt 4—5 Tage mit wachsender Elasticität, so dass der feine Staub seine Spur in immer grösserer Entfernung rings um das an der Wand festgeklammerte Thier zeigt und zuletzt einen weissen, zollgrossen Hof um dasselbe bildet.

Erst im Jahre 1827 bediente sich Nees von Esenbeck *) des Mikroskops zur Untersuchung einer an der Fliegenkrankeit gestorbenen Fliege, und kam zu einem für jene Zeit bemerkenswerthen Resultate. Der von der Fliege ausgeworfene Staub zeigte sich aus kleinen Kügelchen von dodecaedrischer Grundgestalt zusammengesetzt. Nees führt ihn schon mit Wahrscheinlichkeit auf eigenthümliche Schläuche zurück, die er an den weissen Ringen zwischen den Segmenten des Leibes fand. Die Schläuche waren meist einfach, strahlig verlaufend, selten gabelig getheilt, und nach oben stark verdickt. An diesem verdickten Ende trugen sie ein rundliches Stückchen fast von der Grösse jener oben erwähnten Körnchen des Staubes, welche sich von den Schläuchen mit der Zeit zu trennen schienen. Die Auftreibung des Leibes nach dem Tode der Fliege schreibt er einer eintretenden Gährung und dabei stattfindender Luftentwicklung zu, wodurch auch das Verstreuen der Sporen erfolge. Wiewohl Nees mit einer Entscheidung über die Beziehungen der beobachteten Gebilde zur Krankheit des Thieres nicht hervortritt, so ist er doch geneigt sie für einen Schimmelpilz zu halten.

Erst Duméril **) spricht die Ansicht bestimmt aus, dass der die geschwollene todte Fliege bedeckende und sie umgebende weisse Staub ein Schimmel sei, an dem er noch die Aehnlichkeit mit der Muscardine der Seidenraupe hervorhebt und die Möglichkeit, dass er die Ursache des Todes der Thiere sei. Nach Robin ***) hat Berkeley †) diesen von Duméril auf todten Fliegen beobachteten Schimmel als *Sporendonema Muscae* Fries bestimmt. Ist die Bestimmung richtig, so ist der Duméril'sche Pilz nicht identisch mit unserem Fliegenpilze, dem eine reihenweise abgeschnürte Sporenkette durchaus fehlt.

---

*) Nova Acta Acad. Caes. Leop.-Car. Nat. Cur. Vol. XV. p. II. 1831.

**) Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris 1835. I. p. 436.

**) Robin: Histoire naturelle des végétaux parasites, qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants 1853. p. 439.

†) Transactions of the entomological society of London. 1841. t. III.

Auch Follin und Laboulbène*) besprechen eine weisse Pilzmasse, die sie auf lebenden Fliegen fanden, und der sie den Tod der Fliege zuschreiben. Sie setzen bestimmt voraus, dass der Pilz identisch sei mit dem von Goethe beobachteten, indem sie im Gegensatze zu dessen Angaben, dass der Staub (der Pilz) aus bereits gestorbenen Fliegen ausbreche, hervorheben, dass ihn die lebenden schon an sich führen. Da nun aber unser Fliegenpilz nie anders als nach dem Tode hervorbricht, so liegt hier vielleicht eine Vermischung heterogener Pilze vor.

Erst im Jahre 1855 erschien mit den Hülfsmitteln verbesserter Mikroskope ausgeführt die ausführliche Arbeit von Cohn**), der im folgenden Jahre die von Lebert***) folgte.

Cohn erkennt in dem Pilze einen dreizelligen Organismus und verfolgt seine Entwicklung im Leibe der Fliegen zurück bis auf einzellige Gebilde von kugeliger oder eiförmiger Gestalt und verschiedener Grösse. Er beschreibt die Bildung der Sporen, wie diese abgeschnürt und in die Umgebung der todten Fliege geworfen werden. So sehr ihn auch die Aehnlichkeit der abgeworfenen Sporen mit den ersten Zellen im Fliegenleibe bestimmt, sie für gleichwerthig zu halten, so bleibt ihm doch einerseits der Eintritt dieser Zellen in den Fliegenleib in solcher Zahl, wie sie dort vorkommen, unerklärlich, da er äusserlich an Haut, Stigmen etc. und auch im Darm niemals nur eine, geschweige denn so viele Tausende von Sporen fand; andererseits sind die abgeschnürten Sporen nach ihm völlig keimungsunfähig. Er hält hiernach die Sporen und die ersten Zellen im Leibe der Fliege für nicht identisch und erklärt das Auftreten der letzteren nach weiterem Aufsuchen jüngerer Stadien, die er als sehr zarte, runde, hefeähnliche, kernlose Zellen beschreibt, folgender Art. In der Flüssigkeit, welche die Bauchhöhle kranker Fliegen erfüllt, entstehen durch freie Zellbildung zahlreiche Zellen, die sich in allmählicher Entwicklung zu den dreizelligen Empusaschläuchen ausbilden. Die Empusa entsteht also durch generatio aequivoca. Er folgert aus dieser Theorie naturgemäss, dass der Pilz das Product der Krankheit und nicht deren Ursache ist. Das erste Syptom der Krankheit ist nach ihm eine ungewöhnlich reichliche Secretion einer eiweiss- und fetthaltigen Flüssigkeit in der

---

*) Annales de la société entomologique de France. Paris 1848. II. Série. t. VI. p. 301.

**) Cohn, Empusa Muscae und die Krankheit der Stubenfliege, Acta nova Vol. XXV. P. I. S. 300.

***) Lebert, die Pilzkrankheit der Fliegen; Verhandlungen der Zürcherischen naturforschenden Gesellschaft vom 29. October 1856.

Leibeshöhle der Fliege. Diese verhält sich gewissermassen als Cytoblastem, in welchem ohne Mitwirkung von Zellkernen sich eine bestimmte Menge festerer Moleküle zu kleinen kugeligen Massen vereinigt und nach Aussen glatt umgrenzt. Die kleinen, frisch gebildeten Zellen sind anfänglich nur von einer ganz zarten Membran umgeben, die erst allmählich grössere Festigkeit erhält. Die Zellen vergrössern sich und zuletzt treibt jede einen Schlauch, der sich zum Wurzelende entwickelt und durch eine Scheidewand abtrennt, während die Zelle selbst, den dreizelligen Organismus zu vollenden, zur sporenabschnürenden Stielzelle sich dehnt. Zum Zwecke der Sporenabschnürung treten die Stielzellen, die Leibeshaut der Fliege mit ihrer Spitze durchbrechend, an die Oberfläche. Hier sind sie dicht neben einander geordnet und bilden durch eine Ausstülpung an ihrem äussersten Ende eine glockenförmige Spore, die nach dem Auftreten einer doppelten Scheidewand abgeworfen wird, und zwar durch starke Dehnung der der Stielzelle zugehörigen Membran. Wahrscheinlich vermag jede Stielzelle die Sporenbildung mehrfach zu wiederholen. — Cohn erkennt in dem Pilze den Repräsentanten einer neuen Gattung, die er *Empusa* nennt.

Lebert leitet seine Arbeit mit einer ausführlichen Beschreibung der Krankheitserscheinungen der pilzkranken Fliege ein. Er beobachtete die mit zunehmender Pilzentwicklung im Leibe sich steigernde Mattigkeit und Trägheit der Thiere, der nicht selten eine grosse Aufgeregtheit vorherging. Der Tod erfolgte bald allmählich, bald unter krampfhaften Anfällen mit tetanischer Steifheit. Lebert versucht die Entwicklung des Pilzes durch Keimung der abgeworfenen Sporen kennen zu lernen, was ihm aber nicht gelingt. Ein gleiches negatives Resultat haben eine Reihe von Inoculations- und Transplantationsversuchen, die er mit den Sporen und den Zellen aus dem Leibe der Fliege (resp. deren Blute) an verschiedenen Raupen, Käfern und Fliegen anstellt, mit alleiniger Ausnahme einer Raupe, in der er die Zellen des Fliegenpilzes im Blute am 7. Tage fand. Er verfolgt nun die Entwicklung in kranken Fliegen. Die ersten im Fliegenblute auch in grösster Kleinheit auftretenden Zellen haben nach ihm, im Gegensatze zu Cohn's Angabe, schon eine deutliche Membran. Aus den Zellen entstehen Schläuche, die schon im Innern, mehr ausgeprägt an der Fliegenoberfläche, Sporen abschnüren. Er tritt der Behauptung Cohn's entgegen, dass der Pilz ein dreizelliger Organismus sei. Nur ganz ausnahmsweise fand er eine Scheidewand zwischen dem keulenförmigen und fädigen Ende. Eine Unterscheidung von Stiel- und Wurzelzelle scheint ihm daher ganz unzulässig, um so

mehr als auch diese Abgrenzung durch eine Scheidewand nur eine scheinbare sei, durch die zufällige Berührung eines cylindrischen und keulenförmigen Fadenendes hervorgerufen. Der Cohn'schen Hypothese, nach welcher die ersten Zellen des Pilzes durch *generatio aequivoca* entstehen sollen, kann er sich nicht anschliessen, die Bezeichnung *generatio incognita* scheint ihm zutreffender und vorläufig ausreichend zu sein. Er hält es nämlich für sehr möglich, dass äusserst kleine Pilzsporen, die er als Körnchen im Blute fand, etwa durch die Tracheen dorthin gelangen und sich, in allmählichen Uebergängen verfolgbar, zu den Empusa-Zellen ausbilden. Die kleinen Pilzsporen fand er auch im Darm, von wo sie, ursprünglich durch den Mund eingeführt, ebenfalls in das Blut gelangen können. Er wagt nicht zu entscheiden ob diese kleinen Sporen wirklich mit dem Fliegenpilze genetisch zusammenhängen, und ob sie von irgend einem Pilze ausserhab der Fliege herrühren. Aus dem vollkommenen Mangel an Vergleichspunkten des Fliegenpilzes mit bekannten pflanzlichen Parasiten scheint auch ihm die Aufstellung einer neuen Gattung gerechtfertigt, doch schlägt er für den schon mehrfach verwendeten Namen Empusa einen anderen, *Myiophyton*, vor.

Im Jahre 1855 bespricht Cienkowski *) in einem Aufsatze über *Achlya prolifera* kurz die Empusa.

Er macht die Beobachtung, dass die ersten Empusazellen aus dem Fliegenleibe bei der Cultur auf Objectträgern in Wasser zu langen septirten Schläuchen auswachsen, deren grosse Aehnlichkeit mit Achlya ihn auf die Vermuthung eines genetischen Zusammenhanges dieser Saprolegniee mit dem Fliegenpilze bringt. Es gelingt ihm Anfangs nie, zur sicheren Entscheidung der Frage, die Empusaschläuche zur Fructification zu bringen, da sie in Wasser und feuchter Luft bald untergehen. — In einer Nachschrift bemerkt er dann, dass er endlich aus den Schläuchen schwärmsporenbildende Achlya habe hervorgehen sehen.

Nach dieser Beobachtung würde die Empusa nicht als selbständiger Pilz, sondern nur als Entwicklungsstadium der Achlya aufzufassen sein, welches diese eben im Leibe der Fliege zu durchlaufen vermag.

In vollem Gegensatze hierzu stehen die Untersuchungen von Fresenius, der den Fliegenpilz zuerst als specifisch insectentödtenden zur Geltung bringt. Er

*) Algologische Studien, *Achlya prolifera*. Botanische Zeitung 1855, S. 804.

bereicherte im Jahre 1856*) die bisherigen Kenntnisse von der Pilzgattung durch die kurze Beschreibung einer weiteren Species. Er polemisirt gegen die Cohn'sche Benennung „Empusa“, die er zur Vermeidung von Verwechselungen in „Entomophthora“ umändert. — Schon nach 2 Jahren erschien in den Abhandl. der Senek. Gesellschaft**) seine Monographie des Entomophthoren, die 7 Arten umfasst, die Fliegen, Raupen, Heuschrecken etc. bewohnen und den Tod dieser Thiere herbeiführen sollen. Ein genaueres Verfolgen der Entwicklungsgeschichte dieser neuen Arten ist Fresenius wegen nicht zureichenden Materiales nicht möglich gewesen. Die Untersuchung ist meist an trocknen Thieren gemacht, und bleibt also noch hinter den Thatsachen zurück, die von dem Fliegenpilze bekannt sind. Die Zusammenstellung hat hiernach nur einen vorläufigen Zweck und erfolgt mehr nach der blossen Aehnlichkeit mit dem Fliegenpilze als nach wohlbegründeten Charakteren, die ja bei dem Fliegenpilze vorerst noch fehlen. — Die neuen Arten, bei denen Fresenius sporenbildende Mycelien von bis zu 7 Zellen fand, lassen ihm den Cohn'schen Charakter der Dreizelligkeit seiner Empusa als unhaltbar erscheinen. In einer specielleren Untersuchung des Fliegenpilzes erwähnt er der Eigenthümlichkeit seiner Sporen, nicht selten von einer Membran mantelartig umhüllt zu sein; sonst gehen seine Beobachtungen über die früheren nicht hinaus.

Neun Jahre nach dieser Untersuchung von Fresenius erhält die Angabe Cienkowski's eine weitere Bestätigung durch Woronin***) in einem Aufsatze über *Mucor Mucedo.* Auch er erhielt durch Cultur der Fliegenpilzzellen in Wasser *Achlya.* Schliesslich ist noch der zahlreichen Mittheilungen Bail's zu gedenken, der seine Untersuchungen auch auf das Gebiet insectentödtender Pilze ausgedehnt hat. Er fand †) die Sporen eines Raupenpilzes, den er mit der *Entomophthora Grylli* Fres. identisch erklärt, keimfähig. Er beschreibt die Keimung, bei der er die nicht seltene Bildung von secundären Sporen hervorhebt, auch das Auswachsen der Sporen zu einem 11zelligen Keimschlauche.

Aehnliches hat er auch bei der Keimung von Sporen des Fliegenpilzes beobachtet. Er impfte dann die frischen Sporen des Raupenpilzes 3 Fliegen ein, die an der Pilzkrankheit starben.

---

*) Botanische Zeitung 1856, S. 882. Entomophthora Muscae.

**) Abhandlungen der Senckenberg'schen naturforschenden Gesellschaft. Bd. 2. II. Abthl. S. 201.

***) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze von de Bary und Woronin 2. Reihe: Zur Kenntniss der Mucorineen S. 21.

†) Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

Nach seiner weiteren Ausführung ist der Fliegenpilz nur ein Entwicklungsglied des allgemeinen Pilzvaters „*Mucor Mucedo*“, das dieser in den Fliegen durchlaufe. Aus seinen kranken Fliegen wuchsen an der Luft ausnahmlos Mucorfruchtträger hervor und zwar aus den Schläuchen des Fliegenpilzes. Die Schläuche vermögen sich in anderen Medien, z. B. in Wasser, in *Achlya prolifera* umzuwandeln, die ihrerseits in frischer Maische wieder in Mucor übergeht. Er fand an einer pilzkranken Fliege, die er in ungekochtes Wasser brachte, an den untergetauchten Körpertheilen die Umwandlung des Fliegenpilzes in *Achlya*, an den der Luft exponirten in *Mucor*.

In demselben Aufsatze bespricht Bail die genetischen Beziehungen der Hefe zu *Mucor* und er erklärt hiermit das öftere Vorkommen von Hefezellen in den Fliegen. In einem Falle züchtete er aus den Hefezellen wieder *Penicillium glaucum*.

Das Thatsächliche und Uebereinstimmende aller der hier aufgeführten Beobachtungen würde kurz resumirt etwa folgendes sein.

Der Pilz geht aus sehr kleinen, zarten Zellen hervor, die im ersten Stadium der Krankheit sich massenhaft im Fliegenleibe, namentlich im Blute, vorfinden. Das Auftreten dieser Zellen verräth das Thier durch lebhafte Unruhe. Die Zellen vergrössern sich und treiben endlich je einen Keimschlauch, der fadenartig auswächst und reich mit Protoplasma gefüllt ist. In dem Masse, als der Pilz sich auf Kosten der inneren Theile des Leibes entwickelt, steigern sich die Symptome der Krankheit bei der Fliege in dem allmählichen Sinken ihrer Kräfte. Schon mit dem Tode erfüllen unzählige Pilzindividuen den grössten Theil des Fliegenleibes, der wohl in Folge schnellen Wachsthumes der Pilze aufgetrieben erscheint. Die Pilze haben nun die Gestalt wurmförmig gekrümmter Schläuche. Ihre weitere Entwicklung besteht einfach darin, dass sie sich an einem Ende bedeutend erweitern und mit diesem Ende die Fliegenhaut durchbrechend an die Oberfläche treten. Sie sind hier dicht neben einander gestellt, und bilden durch Abschnürung Sporen, die umhergeworfen werden, und alsbald um die Fliege einen weissen Hof bilden.

Hiermit hört die Uebereinstimmung in den Untersuchungen auf, und es ist einleuchtend, dass mit den vorgefundenen massenhaften Zellen im Fliegenleibe, die je zu einem sporenwerfenden Schlauche auswachsen, nichts weiter als ein kleines Stück der Lebensgeschichte des Pilzes beschrieben ist, und dies zwar, wie sich später ergeben wird, keineswegs erschöpfend.

Die ganze Reihe von Fragen, die sich hier sogleich aufdrängen:

1) nach dem Schicksale der abgeworfenen Sporen,

2) nach der Art, wie der Pilz in den Fliegenleib gelangt,

3) nach den ersten Stadien der Entwicklung und Vermehrung, die er dort durchläuft,

4) nach den Beziehungen der Krankheit zum Auftreten des Pilzes, resp. dem positiven Beweise, dass der Pilz die Ursache der Krankheit ist,

5) nach dem etwaigen Leben des Pilzes ausser der Fliege und dem genetischen Zusammenhange mit anderen Pilzformen,

6) nach seinen Ruhezuständen oder nach seinem Verbleibe von dem Verschwinden im Spätherbste bis zu dem Wiederauftreten im Sommer des folgenden Jahres,

die Fragen, mit deren exacter, durch beobachtete Thatsachen erwiesener Beantwortung die Entwicklungsgeschichte des Pilzes als eine geschlossene zu betrachten sein würde, sind zum grössten Theile in den genannten Arbeiten gar nicht, und wo der Versuch gemacht, theils auf dem Wege einer Hypothese, theils auf der Basis vereinzelter Beobachtung beantwortet.

Cohn, der die abgeworfenen Sporen nicht zur Keimung zu bringen vermochte, sieht die wahrscheinlichste Erklärung des Auftretens des Pilzes im Fliegenleibe in der Annahme der *Generatio aequivoca*, und die Pilzbildung als Folge krankhafter Blutbeschaffenheit an.

Lebert ist eher geneigt den Ursprung des Pilzes von sehr kleinen Zellen herzuleiten, die, von einem anderen Pilze stammend, entweder durch den Darm, wo er sie fand, oder in noch unbekannter Weise ihren Weg in das Blut der Fliege nehmen, wo sie in allmählichen Uebergängen zum Fliegenpilze auswachsen.

Cienkowski sah aus den ersten Zellen im Fliegenleibe zoosporenbildende Achlya hervorwachsen, wenn er sie in Wasser cultivirte. — Wiewohl hiernach die Krankheit von *Saprolegnieen* verursacht werden soll, so fehlt doch der umgekehrte Versuch, sie wirklich in diesem Falle durch Achlya zu erzeugen, ganz und gar, und dieser ist auch in den 15 Jahren seit Cienkowski's Beobachtung weder von ihm noch Anderen mit Erfolg gemacht. —

Woronin bestätigt die Cienkowski'sche Angabe.

Am weitesten gehen endlich die Angaben Bail's. Er züchtet aus einer pilzkranken Fliege ganz nach seinem Belieben bald Achlya bald Mucor; letzterer ist nach ihm schon als Hefe im Fliegenleibe vorhanden. Doch vermögen sich die keimfähigen Sporen der *Entomophthora Grylli*, einigen Fliegen eingeimpft, als solche weiter zu entwickeln.

Während nun Cohn's Ansicht nur aus dem Mangel erklärender That-

sachen als beste Wahrscheinlichkeit hervorgeht, und er mit Lebert die sichere Lösung weiteren Untersuchungen anheim gibt, sind anderseits die Culturversuche mit ganzen Fliegenleibern, noch dazu in ungekochtem Wasser, den Grenzen exacter Beobachtung entrückt. Mit demselben Rechte, mit dem man die Pilze, die aus einer todten Fliege wachsen, von dem in ihr vorhandenen Fliegenpilze ableitet, mit dem gleichen Rechte würde man die sämmtlichen Unkräuter eines Kornfeldes mit dem ausgesäeten Roggen genetisch verbinden können. *)

Bei der Kleinheit der Pilzsporen, ihrer Allverbreitung führen Massenculturen nie zum sicheren Resultate; dieses kann allein dadurch erlangt werden, dass man die ganze Entwicklung eines Pilzes in allen seinen einzelnen Stadien in ununterbrochener Continuität von der einzelnen Spore ausgehend verfolgt.

Dies ist in der nachfolgenden Untersuchung geschehen, deren einfaches Ergebniss die bisherigen Vermuthungen als zu weit gegriffen, die thatsächlichen Angaben bezüglich der aufgestellten Fragen als unrichtig erweisen wird.

II. Einleitende Versuche.

Die Untersuchung wurde zuerst bei dem Fliegenpilze begonnen und zwar mit der Beantwortung der ersten Frage — nach dem Schicksal der abgeworfenen Sporen.

Eine Anzahl pilzkranker Fliegen (fig. 16. Taf. III.), die eben im Sporenwerfen begriffen waren, wurden auf Objectträger gelegt und unter einer Glocke über Nacht feucht gestellt. Die Sporen bedeckten am folgenden Morgen fast die ganze Glasoberfläche, und zeigten ein durchaus verschiedenes Ansehen. Einige waren von einer eigenthümlichen Substanz in einem weiten Hofe umgeben (fig. 26 a. Taf. IV.), andere waren ganz dieser Substanz eingebettet (fig. 25 a — c.), wieder andere erhoben sich von einem gleichsam verbreiterten Fusse in die Luft (fig. 30 a — c.), endlich hatte eine weitere Zahl Keimschläuche getrieben, die zum Theil aus nackten (fig. 31 a u. b. u. fig. 29 b.), zum Theil aus von faltigen Häuten verhüllten (fig. 29 a.)

---

*) Ich habe die Culturversuche mit todten Fliegen in gekochtem Wasser oftmals wiederholt, ohne auch nur einmal Achlya zu erhalten. — Dagegen wuchsen aus feucht gestellten Fliegen gleichzeitig mit dem sporenabschnürenden Pilze der Fliege, verschiedene *Mucorinen*, der bisher selten gefundene *Aspergillus flavus*, ferner *Asperg. glaucus*, *Penicillium glaucum*, *Pleospora herbarum* und viele andere Schimmelpilze, deren Sporen man äusserlich in Masse an der Fliege findet, und die man auch kaum vergeblich in ihrem Darme sucht, die aber mit dem Fliegenpilze nichts weiter als den Fliegenleib, auf dem und in dem sie leben, gemein haben.

Sporen austraten. Dies war besonders bei denjenigen Sporen der Fall, die an der Grenze kleiner Thautröpfchen lagen, also zugleich mit der umgebenden Luft und mit dem Wasser in Verbindung standen. Die Keimschläuche waren theils einzellig (fig. 31a.), theils durch Querwände in mehrere Zellen getheilt (fig. 29a u. b.), von denen jedoch nur die Endzelle Protoplasma führte, während die anderen, der Spore zunächst sich anschliessenden, leer waren (fig. 29b.). Bei weiterer Cultur in feuchter Luft dauerte das Wachsthum der Keimschläuche fort, jedoch immer so, dass die Endzelle als allein Protoplasma führende von den übrigen hinter ihr liegenden leeren Zellen hervortrat. Der Schlauch wuchs also durch Spitzenwachsthum. Mit dem dritten Tage hörten die Schläuche zu wachsen auf, wahrscheinlich weil die Reservenahrung verbraucht war, mit welcher die Sporen reichlich ausgestattet sind und welche oft in diesen als dicke Fettklumpen auftritt. Die Keimschläuche der Sporen weiter zu entwickeln, bedurfte es neuer Zufuhr an Nahrung. Es schien hierfür ein Decoct von Fliegen zunächst geeignet, was ich mit der nöthigen Vorsicht bereitete. In dem Fliegendecoct setzten die Schläuche ihr Wachsthum fort, sie bildeten neue Zellen, nicht selten auch Aeste, so dass bald das Bild eines Myceliums (fig. 29c.) zu Stande kam, das aber wieder nur aus leeren (d. h. nur wässrige Flüssigkeit führenden) Zellen, mit alleiniger Ausnahme der Endzellen, bestand. Den vermuthlichen Mangel an cellulosebildenden Stoffen im Fliegendecocte zu ersetzen, fügte ich noch etwas Traubenzucker zu, ohne aber Sporenbildung oder einen weiteren vegetativen Aufschwung des Myceliums erreichen zu können. Es stand nach einigen Tagen still und ging unter. Dasselbe Schicksal hatten alle weiteren Culturen, die ich in grosser Zahl anstellte, gleichviel welch ausgesuchte Nahrung zur Anwendung kam, um die Schläuche gross zu ziehen. Nach einander wurde Fliegendecoct in verschiedener Verdünnung mit allen möglichen Zusätzen verwendet, ebenso Lösungen von Fleischextract und frische Fleischbrühe. Auch dem Bedürfnisse etwaigen festen Substrates abzuhelfen, stellte ich ein solches künstlich her mit Decocten von Caragaheen und Gelatine, womitendlich alle Culturkünste erschöpft waren. Es musste ein anderer Weg für die Erziehung der jungen Keimlinge ausfindig gemacht werden, und hier gab ihre unverkennbare Aehnlichkeit mit denen solcher Pilze, die als Parasiten lebende Pflanzen bewohnen, den nächsten Fingerzeig. Die Sporen der *Uredineen* und *Peronosporeen* z. B. keimen im Wasser, treiben einen fadenförmigen Keimschlauch von oft erheblicher Länge. Dieser führt ausschliesslich oder doch ganz vorwiegend in seiner Spitze das von der Spore überkommene Protoplasma. So weit auch die

Nährvorräthe der Spore das Längenwachsthum des Fadens gestatten, immer behält er diese typische Structur. Die Keimlinge gehen ausnahmslos unter, wenn sie nicht bestimmte Pflanzen finden, in die der Keimschlauch, bald an beliebiger Stelle der Epidermis, bald durch die Stomata eindringt. Auf Kosten seines Wirthes hebt hier sein Wachsthum von Neuem an, und die Entwicklung des Pilzes verläuft unter bestimmten Krankheitserscheinungen der Nährpflanze, die nicht selten unter seinem Einflusse untergeht. Eben die Uebereinstimmung der beobachteten Keimschläuche unseres Fliegenpilzes mit denen jener Schmarotzer auf pflanzlichen Organismen führte zu der Vermuthung, dass auch hier die Keimlinge zu ihrem normalen Gedeihen auf einen lebenden Organismus und als den wahrscheinlichsten auf den Fliegenleib angewiesen seien. Doch diese Wahrscheinlichkeit wurde in Anbetracht der Dicke der Keimschläuche, des gepanzerten Fliegenleibes, der Unruhe der Thiere und der bisherigen negativen Erfolge Cohn's und Lebert's so sehr herabgestimmt, dass mir ein Infectionsversuch mit ruhigen und geduldigeren Raupen mehr Aussicht auf Erfolg zu haben schien. Zum Glücke beschränkte die sehr vorgerückte Jahreszeit (Ende September) meine Auswahl fast allein auf die Raupen des Kohlweisslings, *Pieris Brassicae*. Schon an den ersten Raupen machte ich die Bekanntschaft des Eingangs erwähnten Raupenpilzes, der, wie ich mich bald überzeugte, in der Umgegend meines Vaterstädtchens Telgte in Westfalen, wo ich während der Herbstferien meine Versuche fortsetzte, wahrhafte Verheerungen unter den Kohlraupen anrichtete. Die Untersuchung des Pilzes, der bis dahin der Beobachtung entgangen ist, wurde sofort eingeleitet, und glücklich bis zu den möglichen Endpunkten durchgeführt. Schon in ihrem Verlaufe trat eine in allen einzelnen Vorgängen auffallende Aehnlichkeit mit dem Fliegenpilze zu Tage, die allmählich alle bisherigen exacten Beobachtungen desselben in ihrer wahren Bedeutung erkennen liess; sie zeigte an ihrem Ende den Weg, auch seine Untersuchung zum sicheren Abschlusse zu bringen. — Hiernach dürfte es gerechtfertigt sein, dem Gange der Untersuchung auch in der Beschreibung zu folgen und erst nach der nähern Kenntniss des Raupenpilzes zum Fliegenpilze zurückzugehen.

III. Untersuchung des Raupenpilzes.

Kaum durch irgend ein äusserliches Zeichen verräth die vom Pilze befallene Raupe den Keim der tödtlichen Krankheit, den sie an sich trägt. Regungslos, als ob sie nach vollendeter Mahlzeit ausruhe, sitzt sie langgestreckt an dem Nerven

eines Kohlblattes, und die trägen Bewegungen, welche äussere Berührung hervorruft, können ebenso gut als Ausdruck des Unbehagens über die Ruhestörung wie als Zeichen sinkender Lebenskraft gedeutet werden. In dieser Haltung ereilt der Tod sie bald nachher, anscheinend plötzlich. Erst die eingetretene Starre überzeugt uns, dass sie nicht mehr lebt, so natürlich wie im Leben ist ihre Stellung. Auch der Körper hat sein volles Volumen, sogar ein straffes, gesundes Ansehen. Doch noch innerhalb des Todestages bricht wie mit einem Zauberschlage der Pilz aus allen Theilen des Körpers der Raupe hervor. Bald ist sie wie von einem grünlich weissen Schimmel eingehüllt (fig. 1b. Taf. I.), der schon in wenigen Stunden abblüht, und sie völlig unkenntlich in Form einer braunen verschrumpften Haut zurücklässt, in unmittelbarer Nähe umgeben von ganzen Haufen weisser Sporen, den abgeworfenen Samen des verblühten und wieder verschwundenen Pilzes (fig. 2. Taf. I.).

Von diesen Sporen wollen wir hier ausgehen, um die Lebensgeschichte des Raupenfeindes genau zu ermitteln. — Die Gestalt der Sporen erscheint bei schwacher Vergrösserung als eine länglich elliptische, an beiden Enden gleichartig zu einer Spitze auslaufend (fig. 3. taf. I.). Erst eine 6—700fache Vergrösserung lässt erkennen, dass der grösste Breitendurchmesser abweichend von der elliptischen Form nicht genau in der Mitte, sondern mehr nach einem Ende liegt, und dass auf dem anderen der Verlauf der Verjüngung von einer kragenartigen Verdickung der Membran unterbrochen wird, und von da jäher zur Spitze erfolgt. (fig. 4.) Die Sporen haben eine Länge von 0,0176 MM., eine Breite von 0,0054 MM.; eine dünne Membran umschliesst ein körniges Protoplasma, in dessen Mitte sich fast regelmässig eine grosse Vacuole abhebt. Breitet man die Sporen in Wasser aus, so zeigen sich oft, äusserlich anhaftend, körnige Conglomerate, die nach längerem Liegen im Wasser verschwinden. Schon nach 24 Stunden hat hier eine fast ausnahmslose Keimung stattgefunden, und zwar verschieden, je nachdem die Sporen im Wasser untergetaucht oder nur auf dessen Oberfläche befindlich sind. Im ersten Falle ist an beliebiger Stelle der Spore, in der Mitte oder den beiden Enden, ein dicker protoplasmareicher Keimschlauch ausgetreten (fig. 5. Taf. I.); im zweiten dagegen hat die Spore nur einen sehr dünnen fadenförmigen Fortsatz in die Luft getrieben, der bald mit einer secundären Spore endet, die der Mutterspore gleichgebildet ist (fig. 6.). Man sieht den Zusammenhang beider Sporen durch den dünnen Faden erst deutlich und sicher, wenn man sie mit Hülfe eines Deckglases untertaucht. Hier zeigt sich die Mutterspore ausnahmslos leer, selten durch eine später aufgetretene Scheidewand

gegliedert (fig. 6a.), die Secundärspore mit dem früheren Inhalte der primären erfüllt (fig. 6.). Hier und da werden von einer Mutterspore 2 Secundärsporen gebildet, die von ihren entgegengesetzten Seiten ausgehen (fig. 6b.). Auch vermag (fig. 6c.) die Secundärspore wiederum eine Tertiärspore zu bilden. Sie alle treiben unter Wasser dicke Schläuche, wie die untergetauchten primären Sporen. Die Schläuche bleiben einfach oder bilden einzeln Seitenäste; sie gehen mitunter zu mehreren aus einer Spore hervor (fig. 5b.). Der protoplasmatische Sporeninhalt tritt, in dem Maasse als der Schlauch wächst, allmählich in diesen über (fig. 5a.), dasselbe erfolgt bei der Anlage jeder neuen Zelle des Keimschlauches; so lang er auch bis zur Erschöpfung seiner Nährvorräthe auswächst, sein Protoplasmainhalt ist nur allein in der letzten Zelle, der äussersten Spitze, hinter der eine Reihe leerer, d. h. nur wässrige Flüssigkeit führender Zellen liegen (fig. 5b.).

Die Analogie, die vorhin zwischen den Keimlingen der thier- und pflanzenbewohnenden Pilze bei dem Fliegenpilze hervorgehoben wurde, lässt sich hier weiter ausführen. Die Keimung der Sporen erfolgt, wie wir sahen, nicht immer normal, sie wird unter Umständen modificirt zur Bildung von Secundärsporen. Ganz dieselbe Eigenthümlichkeit kommt auch bestimmten Sporen der Uredineen und Ustilagineen zu, wenn ihnen reichliche Feuchtigkeit und das zusagende Substrat, die Nährpflanze, fehlt. Aus der Analogie der Keimschläuche normaler Keimung wird hiernach eine Uebereinstimmung der Keimung im weiteren Sinne, und diese weist mit Entschiedenheit darauf hin, dass die Verbreitung der Pilzkrankheit unter den Kohlraupen in derselben Weise durch die Sporen des Pilzes vermittelt werde, wie dies bei Pflanzen bekannt ist.

Zu einem Infectionsversuche wurde die Beschaffung pilzfreier Raupen nöthig, welche zur Sicherheit von einem weit entlegenen Gehöfte geholt wurden, da die Krankheit in der nächsten Umgebung der Stadt überall herrschte. Bei der geringen Wahrscheinlichkeit, dass die Haut der haarigen Raupe zur directen Beobachtung des Eindringens, falls dieses durch die Haut geschehe, sich eignen werde, wurden zur vorläufigen Orientirung zunächst 15 Raupen *äusserlich inficirt*, und eine gleiche Zahl nicht inficirter Raupen daneben aufgestellt. Zum Zwecke der Infection wurde die Raupe mit einem Tropfen Wasser benetzt und dann mit den Sporen betupft. Eine zweite Serie von 10 Raupen wurde mit Kohlblättern *gefüttert*, die vorher mit Sporen bestreut waren. Die Raupen hatten den Tag vorher gehungert und frassen die Blätter vor meinen Augen auf. Der Versuch

wurde wiederum durch 10 Raupen controlirt, die reine Kohlblätter als Futter bekamen. Auch die Kohlblätter waren zur Vermeidung von Fehlerquellen von demselben entlegenen Gehöfte genommen.

Die inficirten Raupen waren zwei Tage munter und fresslustig, am dritten begann eine Neigung zum Wandern. Wie von innerer Unruhe getrieben liefen sie die Wände des Glascylinders, in dem sie aufbewahrt wurden, hinauf und wieder herunter. Am vierten Tage sassen sie ruhig, zeigten sich aber empfindlich gegen Berührung. Sie liessen sich von den Wänden fallen, um zornig in ungeregeltem, schwankendem Gange vom Neuem hinaufzuklettern. Mit Hülfe einer spitzen Nadel entnahm ich gegen Abend, wo mir eine grosse Schwerfälligkeit und Steifheit der Thiere auffiel, ihrem Körper kleine Blutstropfen, — ein Aderlass, der nach den früheren Erfahrungen bei der Wolfsmilchraupe, wenn er geschickt geführt wird, den Thieren nicht schadet. In dem Blute fand ich vereinzelte Pilzzellen verschiedener Gestalt, die eine grosse Aehnlichkeit mit einem bestimmten Entwicklungszustande des Fliegenpilzes hatten, keinen Zellkern, nur einzelne Vacuolen in ihrem körnigen Plasma führten (fig. 10.). Am fünften Tage war eine Raupe schon vom Pilze eingehüllt, der seine Sporen um sich warf; vier andere waren todtenstarr. Bei aufmerksamer Betrachtung zeigten sich an ihnen die ersten Spuren des Pilzes in vereinzelten Büscheln am Unterleibe zwischen den Beinen hervorbrechend (fig. 1a.). Mit grosser Festigkeit hefteten diese Hyphenbündel, so erschienen sie unter dem Mikroskope, die Raupen an das Glas. Bei allen vier Raupen trat die Eruption des Pilzes im Laufe des Tages ein, und am Ende des sechsten waren alle 15 Raupen unter den gleichen Erscheinungen vernichtet.

Durfte schon der ausnahmslose Untergang der Raupen innerhalb fast gleicher Frist mit grosser Wahrscheinlichkeit als Anzeichen einer wirklich stattgehabten Infection durch die Sporen des Pilzes gelten, so wurde diese durch die völlige Gesundheit der Vergleichsraupen fast zur Gewissheit. Inzwischen hatte der Fütterungsversuch schon dafür gedient, den Weg zur exacten Beobachtung der Infection zu zeigen. Am zweiten und dritten Tage wurden je 2 Raupen geöffnet und der Darm vorsichtig untersucht. Weder keimende Sporen unseres Pilzes, noch auch dessen Keimschläuche waren an irgend einer Stelle zu finden. Zwar starben mit dem siebenten Tage diese mit Sporen gefütterten Raupen bis auf 3 an der Pilzkrankheit, aber sicher nur in Folge der unvermeidlichen äusseren Infection beim Fressen der inficirten Blätter, und da die Controlraupen auch hier sämmtlich gesund blieben, so konnte dieser Umstand nur als Beleg für die Leichtigkeit und Sicherheit der Infec-

tion gelten. Beim Oeffnen der ebenerwähnten Raupen zeigte sich wider Erwarten die haarige Haut auffallend durchsichtig und klar und zudem von nicht zu grosser Dicke. Der geringste Gegenstand liess sich sicher durch die Haut hindurch erkennen, und so musste doch auch das Keimen der Sporen und das Eindringen des Pilzes hier mit Leichtigkeit zu verfolgen sein.

Die Infection wurde nunmehr in grossem Maassstabe mit ganzen Massen von Raupen betrieben. Nach ihrer völlig egalen Hautzeichnung konnte das Inficiren einer bestimmten Körperstelle später zu Schwierigkeiten führen, da man nicht sicher ist, die Stelle wiederzufinden. Die Raupen wurden also ganz in Wasser getaucht, worin frische Sporen vertheilt waren. So musste eine Verbreitung dieser über den ganzen Körper eintreten, und die Haut jeder beliebigen Stelle zur Untersuchung sich eignen. Diese wurde am zweiten, dritten und vierten Tage nach der Infection bis zum Ausbrechen des Pilzes vorgenommen. Am zweckmässigsten schneidet man die chloroformirte Raupe mit einem schnellen scharfen Scheeren-Schnitte auf, und lässt das ausfliessende Blut von untergelegtem Filtrirpapier aufsaugen, um zu verhüten, dass es sich nicht nach Aussen über die Haut verbreite und für die Untersuchung Störungen verursache. Nach dem Ausheben des Darmes reinigt man die Haut vorsichtig, wobei namentlich ein zu scharfes Bekratzen ihrer Innenseite zu vermeiden ist, aussen schützt die starke Behaarung vor schädlicher Berührung mit der Unterlage. 48 Stunden nach der Infection präparirte Häute ergaben nun folgendes Ergebniss. Die Sporen waren überall auf der Aussenseite der Haut aufs deutlichste zu unterscheiden. Sie hatten sämmtlich gekeimt und, abgesehen von vereinzelter Bildung secundärer Sporen, dicke Keimschläuche getrieben, die sich schon in geringer Entfernung von den Keimsporen (fig. 7a — c.) in die Haut eingebohrt hatten. Eine deutliche Bräunung zeigte die Berührungsstelle des Schlauches mit der Haut und zugleich den zersetzenden Einfluss an, den er auf sie ausübte. Die Hautbräunung verblasst in allmählich helleren Tönen rings in der nächsten Umgebung der Eindringstelle, die also gekennzeichnet ist durch einen braunen Fleck in der Haut (fig. 7.). Der Keimschlauch durchdringt bald direct senkrecht, bald in schrägem, oder fast horizontalem Verlaufe die Haut. Nicht immer sind daher die braunen Flecke rund umschrieben, sie gehen oft in Schlangenwindungen über weite Strecken hin, den Lauf des Schlauches bezeichnend. Dieser ist an allen Stellen deutlich hell innerhalb der intensiven Bräunung sichtbar (fig. 7a u. b.), sogar bei weiten Wegen durch die Haut in dieser durch eine Querwand getheilt (fig. 7b.). In jedem einzelnen Falle

lässt sich die Continuität des Schlauches mit der über oder unmittelbar neben der braunen Stelle liegenden leeren Spore mit Sicherheit constatiren (fig. 7.). Gleich bei dem Austritte aus der derben Haut ins Innere des Raupenkörpers gestatten die geringeren Terrainschwierigkeiten dem Schlauche eine freiere Entwicklung. Er nimmt an Mächtigkeit bedeutend zu und hat fast genau die Gestalt der beobachteten Keimungsproducte der Sporen auf Objectträgern. Das Protoplasma befindet sich stets an der Spitze des Fadens, der vorläufig sein Wachsthum noch aus eigenen Mitteln bestreiten muss. Wechselnd, je nach dem geraden oder mehr horizontalen Gange durch die äussere und innere Haut, besteht er daher aus zwei oder mehreren Zellen, die hinteren leer, die vordere allein mit Protoplasma erfüllt (fig. 7.). Bald erreicht die Endzelle den Fettkörper, ihr eigentliches Lebenselement. Hier ist der Heerd der vegetativen Entwicklung des Pilzes. Der Eintritt erfolgt am dritten Tage. Sogleich wächst die Endzelle des Schlauches in zusehender Verbreiterung zu einem dicken Faden aus (fig. 7a u. b.). Strotzend von körnigem Inhalte treten zahlreiche Aeste in seinem Verlaufe aus ihm aus, die sich bald mit unglaublicher Schnelligkeit durch den ganzen Fettkörper verbreiten. Schon nach weiteren 24 Stunden ist letzterer dicht durchflochten von einem Pilzmycelium, wie es mächtiger und üppiger kaum irgend zu finden sein dürfte (fig. 8 u. 9.). Mit seiner Entwicklung zeigt das Thier zuerst eine merkliche Unruhe und Mangel an Fresslust. Die Dicke der Myceliumfäden wechselt von 0,01 bis 0,066 MM. In ihrem gekrümmten oft geschlängelten Verlaufe bilden sie seitliche Aussackungen und variköse Auftreibungen, und nicht gerade häufige Querwände durchsetzen das dichte, körnige Plasma (fig. 8 u. 9.). So dicht und eng verschlungen wird das Fadengewirr, dass es der äussersten Vorsicht und Mühe bedarf, einen zusammenhängenden Theil des Myceliums zur Abbildung frei zu legen (fig. 8.). Man muss erstaunen, wie das Thier mit solch einem unwirthlichen Gaste in seinem Leibe noch fortleben kann, — schon füllt der Pilz einen nicht unbeträchtlichen Theil des ganzen Körpers aus. Noch vermag es, wenn auch in steifer unregelmässiger Art zu kriechen und zu laufen, nur eine Neigung zur Ruhe beginnt sich einzustellen. Es setzt sich langgestreckt an den Platz, den es nicht mehr verlassen wird. Dies ist das Zeichen, dass der Pilz, der bisher nur im Fettkörper lebte, diesen verzehrt hat und sich von da im Blute auszubreiten beginnt, in welchem vordem seine Spuren vergeblich gesucht wurden. Zuerst ganz vereinzelt in Gestalt länglicher zu beiden Seiten abgerundeter Zellen findet er sich hier vor. Die Zellen haben ganz verschiedene Breite und Länge, die kleinsten

von der Form der fig. 10a., die grössten der fig. 10b. Ihren Inhalt bildet schaumiges, feinkörniges Plasma ohne Kern, mit vereinzelten Vacuolen. Sie nehmen an Zahl und zugleich an Grösse im Blute zu. Aber niemals, weder im Beginn ihres Auftretens, noch etwas später, in der Zeit grösserer Häufigkeit, hat ein Blutstropfen auch nur 2 völlig gleichgestaltete Zellen aufzuweisen, weder unter den kleinsten noch grösseren Formen. Ihre schnelle Grössenzunahme und Menge hindert die Verfolgung ihrer Entwicklung im Blute des noch lebenden Thieres. Hierzu dienten Culturen einzelner Zellen in Raupenblut auf Objectträgern. Aus jeder Zelle wuchs ein Mycelium, dem des Fettkörpers völlig gleich. Von diesem nehmen sie auch ihren Ursprung und zwar nicht in bestimmt charakterisirter Form, etwa ähnlich den Cylinderconidien von Botrytis Bassii und Isaria im Blute der von ihnen befallenen Insecten. Von einem Mycelium, das in seinen gewaltigen Dimensionen einen erheblichen Theil des Volumens der ganzen Raupe einnimmt, das für weiteres Vordringen keinerlei Hinderniss findet, kann ein solcher Vorgang der Vermehrung nicht wohl erwartet werden. Vornehmlich sind es jedoch folgende Gründe, die ganz unabweisbar gegen den Charakter der Zellen als Sporen sprechen. Erstens zeigte das Mycelium unseres Pilzes im Fettkörper bei dem Auftreten der ersten Zellen im Blute, immer wiederholt untersucht, keine Gebilde dieser Art in regelmässiger Form und Ordnung. Zweitens steht die geringe Zahl der in das Blut gelangten Zellen, wenn sie Sporen wären, im Missverhältnisse zur Grösse des Myceliums. Drittens ist das Auftreten der Zellen in Zahl, Form und Grösse ein durchaus ungeregeltes. Wären die verschiedenen Grössenformen, wie man sie findet, auf die kleinsten als ihren Ursprung thatsächlich zurückzuführen, so müssten doch aller Wahrscheinlichkeit nach die kleinsten Zellen zuerst gleichförmig sein, und in Mehrzahl von bestimmter Gestalt, auch bei noch so schnellem Wachsthum und Formänderung, im Blute vorkommen. Viertens traten auch an den Mycelien, die aus den Zellen bei der Cultur in Raupenblut gezogen wurden, niemals Sporenbildungen ein. — Hiernach können die Zellen nicht als Sporen und ihr Auftreten nicht als bestimmt charakterisirte Entwicklungsphase im Leben des Pilzes aufgefasst werden. Sie sind vielmehr nur einfach abgegliederte kleine Aeste, wie man sie, durch Scheidewände getrennt, im Verlaufe dicker Myceliumfäden (fig. 8 u. 9.) vorfindet, deren Lostrennung aber bei der Dichtigkeit und Massigkeit des Myceliums der Beobachtung nicht zugänglich ist. Das Blut der Raupe, das den Fettkörper und also auch das Mycelium in ihm frei umspült, führt die getrennten Aeste mit sich, aber natürlich erst dann, wenn die Fäden des Myceliums

nach der Ausfüllung des Fettkörpers in das Blut hineinreichen. So erklärt sich ihre von Anfang an unregelmässige Form, das Erscheinen des Pilzes im Blute ist die nothwendige Folge seiner Ausdehnung im Körper, die getrennten Aeste sind hierbei unwesentlich, da das Mycelium frei in das Blut hineinwachsen kann. In dem Fettkörper hat der Pilz zunächst die Hauptstätte seiner vegetativen Entwicklung, völlig entgegengesetzt den bis jetzt streng untersuchten insectentödtenden Pilzen, Botrytis Bassiana, Isaria und Cordyceps, die sich zunächst in dem Blute der Insecten vorwiegend entwickeln und vermehren.

In dem Maasse als der Pilz sich im Blute der Raupe ausbreitet und dieses verzehrt, erlöschen die Lebenskräfte der Raupe mehr und mehr. Ihr Körper bekommt ein gedunsenes Ansehen, fühlt sich straff und elastisch an, eine Berührung, die das Thier nur mehr mit einer schwerfälligen Neigung des Kopfes erwidert. Die Steifheit nimmt allmählich zu, bis endlich unvermerkt der Tod eintritt, durchschnittlich zu Ende des fünften Tages. Die sämmtlichen Theile des Leibes mit alleiniger Ausnahme von Muskeln, Tracheen und Darm sind vom Pilze verzehrt, die Raupe ist gleichsam in Pilz erstarrt. Mit dem Tode ist sie starr und steif, der Körper aufgetrieben, die Haut aufs äusserste gespannt. Ein Durchschnitt durch die Raupe zeigt das dichteste Geflecht von dem Mycelium des Pilzes, in dessen Mitte sich der Darm abhebt, vollgepfropft mit den regelmässigen Bissen der Raupe aus dem Kohlblatte (fig. 15, Taf. II.); sie ist eine fast vollkommene Pilzpseudomorphose.

Etwa einen halben Tag nach dem Tode hat der Körper seinen Turgor verloren, und einzelne dicke Hyphenbündel (fig. 1a.) kündigen als Vorläufer das Ausbrechen des Pilzes an. Die Bündel entspringen nur an einzelnen Stellen des Unterleibes der Raupe, in der Regel zwischen jedem Beinpaare. In wechselnder Zahl bis zu 15 sind sie um je eine der bezeichneten Ursprungsstellen dicht nebeneinander gestellt und erscheinen Anfangs als e i n e Masse. Bald strecken sie sich und divergiren. Die mittleren stossen früh auf die Unterlage, der die Raupe aufsitzt, die seitlich gestellten erreichen diese in verschiedener Entfernung und werden um so länger, je mehr sie von der mittleren divergiren. Mit grosser Festigkeit schmiegen sie sich der Unterlage an, es bedarf ihrer vorherigen Zerstörung, die Raupe ohne Bruch abzuheben. Aeusserlich haben sie die Gestalt weiss glänzender Fäden verschiedener Dicke, unter dem Mikroskope stellen sie Bündel fest verbundener, parallel verlaufender Hyphen dar, die durch zahlreiche Querwände in langgestreckte cylindrische Zellen gegliedert sind (fig. 11.). Die Querwände sind unten, wo der Verband ein dichterer ist, am häufig-

sten (fig. 11b.) Die einzelnen Hyphen bilden keine oder nur ganz unbedeutende Seitenäste. Da die Hyphenmassen vermöge ihres örtlichen Auftretens bei der gewöhnlichen Stellung der Raupe früh auf die Unterlage kommen, die möglicher Weise ihre normale Ausbildung stören kann, so wurden abgestorbene Raupen frei gelegt, um die Bündel ungehindert auswachsen zu lassen. Sie kamen auch bei diesen nur am Unterleibe heraus und waren kaum von den anderen verschieden. Die Dicke der Bündel nahm nach oben zu langsam ab, die einzelnen Hyphen endeten auf verschiedener Länge. Einzelne lockerten unterwegs den engen Verband, das Bündel theilte sich in mehrere Bündelchen, die oft als einzelne Hyphen blind endeten (fig. 11a.). Diese Thatsache legte überzeugend dar, dass die Bündel normale Entwicklungsproducte sind und nicht der Fortpflanzung dienen, und oft wiederholte Versuche und Beobachtungen in verschiedenen Stadien bestätigten dies. Ihre Function, die sie nach ihrem regelmässigen Auftreten bald nach dem Tode der Raupe und vor dem Ausbrechen des Pilzes haben, ist eine andere. Sie wurzeln die Raupe mit grosser Festigkeit ihrer Unterlage an, und brechen ausnahmslos am Unterleibe zwischen den Beinen aus, der Seite, die dieser Unterlage zunächst liegt. Bei sehr vielen hoch organisirten Pilzen mit grossen Fruchtkörpern sind wurzelartige Stränge bündelweise vereinigter Hyphen bekannt, die als Haftorgane, secundäres Mycelium*) bezeichnet werden. Sie entspringen hier an dem jungen Fruchtkörper, diesen zu befestigen und vielleicht auch ernähren zu helfen, z. B. Mycena, Claviceps etc. Diesen Organen schliessen sich unsere Hyphenbündel zweifellos an. Nur darin weichen sie von ihnen ab, dass sie nicht am Fruchtkörper entstehen, sondern Vorläufer desselben sind, welche ihm eine feste Stätte bereiten. Dies ist ihre ausschliessliche Bedeutung. Nicht aus seiner Umgebung, nur aus der Raupe ernährt sich der Pilz, nicht Zwecke der Ernährung, nur den einzigen Zweck der Befestigung haben die Bündel zu erfüllen. Der Kürze halber sollen sie in der Folge einfach als H a f t o r g a n e bezeichnet werden.

Erst wenn diese Haftorgane völlig ausgewachsen sind, schickt sich der Pilz zur Fruchtbildung an, die nun mit ausnehmender Schnelligkeit verläuft. Bald gleichzeitig auf dem ganzen Körper, bald mehr von einer Stelle aus beginnend, durchbrechen die Hyphen die Raupenhaut. Als zartester weisser Hauch kommen sie auf der bunten Haut zum Vorschein. Die feinen Spitzen der meist einzelnen, selten bündelweise

*) de Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze 1866, S. 56.

verbundenen Hyphen zeigen sich nur deutlich, wenn man sie in sehr hellem Lichte besieht. Und fast im Ansehen scheint sich der Hauch zu verdichten, mit dem Auge verfolgbar verdämmern die durchschimmernden Farben der Haut unter dem wild wachsenden Dickicht einer schmutzig grün-weissen Pilzdecke, in der nunmehr das ganze Thier eingebettet ist (fig. 1b.). Eine Probe des weissen Filzes zeigt zahllose, dicht nebeneinander liegende, oft eng verbundene Hyphen von ähnlichen Dimensionen und Beschaffenheit wi e das Mycelium im Leibe der Raupe (fig. 13c.). Nur sind sie womöglich noch reicher erfüllt mit dichtem Plasma, das sich namentlich gegen die noch wachsenden Spitzen anzudrängen scheint. Zur Beobachtung des Austrittes der Hyphen aus dem Körper der Raupe und zur Feststellung ihrer Continuität mit dem Mycelium im Innern bedarf es sehr zarter Schnitte durch die Haut und den Körper der Raupe, die dessen Weichheit nicht gestattet. Nach mehrwöchentlichem Aufbewahren desselben in absolutem Alkohol, den man zur Verhütung der Verdünnung mit Wasser aus den Wassertheilen des Pilzes und der Raupe am besten von Zeit zu Zeit erneuet, ist er hart und fest geworden, und auf jedem dünnen Durchschnitte sieht man hundert Fäden in geradem, schiefem und geschlängeltem Gange von dem Mycelium durch die Haut austreten (fig. 12.). Mit dem Längenwachsthume (in radialer Richtung von dem Raupenkörper aus) nimmt die Dichtigkeit der Hyphen nicht ab, die mit der Entfernung wachsenden Rauminterstitien werden durch Verzweigung, durch Bildung von Seitenästen, ausgefüllt (fig. 14.), die je weiter nach aussen, um so zahlreicher werden. Endlich steht mit der dichtesten Verzweigung das Längenwachsthum (fig. 13a.) der Fäden still, das bei allen Windungen und Krümmungen ein ziemlich gradgerichtetes geblieben ist (fig. 13c.). Auch die obersten Zweige haben die Tendenz sich gerade aufzurichten. Sie schieben sich bei ihrem massenhaften Auftreten dicht nebeneinander und bilden um die Raupe meist eine allseitig geschlossene Decke. Im Verhältniss zu den unteren Aesten bleiben sie kurz (fig. 13b. u. c.).

Vergleichen wir an dieser Stelle die Entwicklung dieser Hyphen, so weit wir sie jetzt kennen gelernt haben, mit der der Haftorgane. Den Hyphen letzterer mangelt die Fähigkeit der Verzweigung. Die dicke dichte Hyphenmasse läuft von der Austrittsstelle der Haut allmählich zur dünnen Spitze aus. Im Gegensatze hierzu haben die anderen später entstehenden Hyphen die ausgeprägteste Tendenz zur Verzweigung. Durch sie nehmen die Fäden mit dem Längenwachsthume so sehr an Menge zu, dass sie den Raum, der mit der Entfernung von ihrer Ursprungs-

stelle zunimmt, miteinander ganz ausfüllen und sich mit ihren letzten Zweigen in weiter Strecke von der Raupe auf engste verbinden.

Dies ist kaum erfolgt, so beginnt die Fructification und die letzten Zweige zeigen sich in ihrer Function als Sterigmen. Der Zudrang des Protoplasma zur Spitze der Hyphen, als dessen nächste Folge wohl die Verzweigungen sich bildeten, dauert noch nachher fort. Die Sterigmen erfüllen sich dicht mit körnigem Plasma, um sich dann durch eine Scheidewand vom Hauptfaden zu trennen (fig. 13a. b. c.). An ihrer äussersten Spitze treiben sie einen schmalen Fortsatz, und in diesen tritt ein Theil des Plasma über (fig. 13a. b. c.). Indem er sich dehnt und nach oben zuspitzt, gliedert ihn eine nach unten convexe Querwand vom Sterigma ab — die Spore hat ihre definitive oben beschriebene Form (fig. 13b.). Sie bleibt bis zur völligen Reife an der Spitze des Sterigma sitzen, und wird durch einen für unsere Pilzgattung höchst charakteristischen Process abgeschleudert. In die Spore ist nur ein Theil vom Plasma des Sterigma übergegangen, der grössere Theil in letzterem zurückgeblieben. Das Auftreten zahlreicher Vacuolen in dem Plasma des Sterigma zeigt an, dass sein Wassergehalt im Zunehmen begriffen ist. Die Membran des Sterigma wird gespannt, das Plasma drängt sich durch Bildung einer grossen Vacuole gegen die Scheidewand, die die Spore abtrennt, die Aufnahme von Wasser geht endlich über das Ausdehnungsvermögen der Membran hinaus und als Folge hiervon platzt diese an ihrer schwächsten Stelle, nämlich in einer dicht unter der Insertionslinie der Spore gelegenen Ringzone. In demselben Augenblicke zieht sich die gespannte aber elastische Membran auf ihren früheren Umfang zusammen, treibt hierdurch die Inhaltsflüssigkeit gewaltsam aus der Rissöffnung heraus und die Spore mit jener in die Umgebung. Man bemerkt an den abgeschleuderten Sporen mit starker Vergrösserung da, wo die Scheidewand sie früher vom Sterigma trennte, eine zarte ringförmige Zeichnung (fig. 4.), als Andeutung der Rissstelle. Das nach diesem Process seines Inhalts beraubte Sterigma collabirt und verschwindet in dem dichten Gedränge, um anderen Platz zu machen. Jedes Sterigma erzeugt nur eine Spore, aber jeder Faden erzeugt nach seinem Reichthume an Plasma eine verschieden grosse Zahl Sterigmen, deren jedes durch eine Scheidewand vom Faden abgegrenzt ist. Das mit den Sporen ausgeworfene Plasma des Sterigma zergeht bald und haftet anfangs den Sporen als körnige Masse an.

Der Mechanismus des Abschleuderns der Sporen ist genau derselbe, wie er

von de Bary bei Pilobolus*) beschrieben ist. Eine bestimmte Entscheidung über die Ursachen der Wassereinlagerung, die zur Ejaculation des Sterigma führt, ist hier ebensowenig möglich, wie in dem genannten Falle, nur über die Einzelheiten des Vorganges gibt die Beobachtung Aufschluss. Feuchte Luft begünstigt die Ejaculation, dagegen erfolgt diese ganz unabhängig vom Lichte. Das Sporenwerfen begann bei Tage und bei Nacht und dauerte in dieser ebenso fort wie am Tage.

Die Bildung der Sterigmen, das Abwerfen der Sporen ist in wenigen Stunden beendet, der Pilz sinkt langsam zusammen um die verfallene, unkenntlich gewordene Haut, die rings von grossen Sporenhaufen umwallt ist (fig. 2.). Es ist eine überraschende Erscheinung, im Laufe einiger Stunden den äusserlich ganz unversehrten Leib der Raupe sammt seinem Gaste in formlose Ueberreste zerstört zu sehen. Unter der versunkenen Masse der verblühten leeren Hyphen des Pilzes finden sich nur noch die Bündel der Haftorgane zwar braun gefärbt, aber noch in erkennbarer Form; ein weiterer Beweis, dass auch nach der Zeit, wo die fructificirenden Hyphen sie überwuchern, ihre Entwicklung nicht fortschreitet.

In der grossen Zahl meiner Infectionsversuche, für die die Zahl von 200 Raupen kaum ausreichen dürfte, befanden sich etwa 30 Raupen, bei denen die Infection in der bestimmten Frist nicht eintrat. Ein Theil von ihnen, und zwar die grössten Raupen, verpuppten sich, die Puppen lebten mehrere Tage, nahmen ein braunes Ansehen an und verjauchten, ohne dass auch nur die Spur eines Pilzes zum Vorschein kam. Anders war es bei den jüngeren Raupen, die bald nach der letzten Häutung inficirt wurden. Sie blieben vierzehn Tage am Leben, ohne von einem bestimmten Zeitpunkte an an Grösse noch zuzunehmen, das Futter blieb unberührt und das Ansehen war ein krankhaftes. Ich liess diese Raupen vorsichtig allein, um dem Grunde der gestörten Infection und der offenbaren Krankheit auf die Spur zu kommen. Mehr wie die Hälfte von ihnen wurde zu verschiedenen Zeiten geöffnet. Das Blut war trübe und dünnflüssig, und in Gefässen, die dem Darme nahe liegen (Malpighi'sche Gefässe?) fiel eine blassrothe Färbung auf, doch der Fettkörper war noch ziemlich massig und barg in allen Fällen übereinstimmend eine Anzahl Larven von *Pteromalus puparum* in sich. Die Haut war mit zahlreichen Eindringstellen des Pilzes versehen, von denen Keimschläuche weit in das Innere verliefen. Ihr Wachsthum

*) de Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze 1866, S. 146.

stand aber still und der Faden war aus leeren Zellen zusammengesetzt, nur am Ende durch eine protoplasmaerfüllte abgeschlossen (fig. 7c.). Die Ursache der Krankheit, die Gegenwart der Larven im Körper, und die Folge derselben, das gehemmte Gedeihen des Pilzes, waren nach diesem Ergebnisse der Obduction nahegelegt, es musste der Rest der Raupen zum sicheren Nachweise dienen. Sie wurden also nicht getödtet und der natürliche Verlauf der Krankheit und das Auskriechen der Larven abgewartet. Quer durch die Raupenhaut brachen sie hervor und kaum an's Licht getreten, spannen sie sich in der unmittelbaren Nähe der Raupe ein. Hatten nun die Larven als Feinde des Pilzes gegen ihn die Oberhand gewonnen, so musste mit ihrer Entfernung der Pilz sich weiterentwickeln. Dies geschah in allen Fällen, wo die Raupe nicht zu sehr unter einer grossen Zahl von Larven gelitten hatte und zu sehr abgemagert war. Zwischen dem pflanzlichen und thierischen Parasiten besteht ein Antagonismus, beide lassen sich aber nicht in einen vernichtenden Kampf ums Dasein ein. Die Larvenkrankheit der Raupen übt ihren nächsten Einfluss auf die Blutbeschaffenheit des Thieres aus, die weissen Blutkörperchen gehen in allmähliche Zersetzung über. Sie ziehen sich in die Länge und laufen nach beiden Seiten in lange feine Spitzen aus. Ihre Bewegungen und Formveränderungen werden verlangsamt, und nun beginnt eine Wassereinlagerung. Ihre Folge ist eine starke Anschwellung und Rundung, verbunden mit dem Auftreten grosser Vacuolen. So haben die Blutkörperchen mit ihrem geronnenen Plasma kugelige Gestalt, und man kann versucht sein, sie auf den ersten Blick für pflanzliche Zellgebilde zu halten und mit dem Pilze in Zusammenhang zu bringen, mit welchem sie nach dem Vorhergesagten gar keine Beziehungen haben. Von ihnen rührt die Trübung des Blutes her, und mit Hülfe dieser Formbeschaffenheit der Blutkörperchen kann man, auch ehe noch das Blut sich trübt, mit Sicherheit in einem kleinen Blutstropfen der Raupe auf die Gegenwart von Larven in ihrem Körper schliessen.

Bei den Untersuchungen im letzten Sommer*) waren unter den mit Botrytis Bassii und Isaria farinosa inficirten Wolfsmilchraupen Fälle fehlgeschlagener Infection ebenfalls nicht selten, vornehmlich bei einer Serie von Raupen, die von einer sonnig gelegenen, grossen Fläche herstammten. Die Raupen verpuppten sich grösstentheils ohne Anzeichen der Pilzkrankheit, nur einige wurden vor der Verpuppung

*) de Bary, Botanische Zeitung. 1869, Nr. 36 u. 37.

secirt und in ihnen Larven gefunden, welche hier parasitischen Dipteren aus der Gattung *Tachina* angehörten. Alle inficirten und später verpuppten Raupen haben sich nachträglich 'als tachinabehaftet herausgestellt, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch hier allein der Anwesenheit der Larven die Unterdrückung des Pilzes zuzuschreiben ist.

Mit Ausnahme dieser angeführten Fälle, in denen nach stattgehabter Infection die Pilzkrankheit nicht eintrat, und die hier auf ihre Ursachen zurückgeführt wurden, starben alle übrigen inficirten Raupen spätestens am sechsten Tage. Der Pilz dringt also in jede Raupe ein, mit der eine Spore in Berührung kommt, aber nur in völlig gesunden gelangt er zur Entwicklung, und vernichtet sie in fünf Tagen.

Die schnelle Entwicklung des Pilzes zur Fruchtreife bedingt eine gewaltige Stoffumsetzung in kürzester Zeit, die mehr oder minder unter dem regulirenden Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffes zu stehen und zugleich auch von einem gewissen Feuchtigkeitsgrade der Luft abhängig zu sein scheint. Mit dem Abschlusse einer an der Pilzkrankheit verstorbenen Raupe aus der schon die Haftorgane zum Vorschein kommen, von reich zufliessender Luft, verjaucht sie innerhalb 24 Stunden, und der Pilz kommt nicht zur Fruchtbildung; ganz dasselbe geschieht, wenn man die Raupe in zu trockner Luft hält, oder wenn man sie auf zu feuchte Unterlage bringt.

Auch gegen mechanische Störungen ist der Pilz sehr empfindlich. Ein starker Druck reicht hin, das Aufblühen des Pilzes zu hindern. Seine ganze Vegetation und besonders die Fruchtbildung auf der Raupe ist von einem höchst üblen Geruche begleitet, der sich durch die jähe Entwicklung und Zersetzung leicht erklärt.

Die Bemühungen, die Infectionsversuche auch auf andere Raupen, als die des Kohlweisslings, auszudehnen, engte der Mangel an Material wegen der vorgerückten Jahreszeit leider auf sehr bescheidene Grenzen ein. Nur die grauen Raupen von *Mamestra Brassicae*, die ebenfalls von Kohlblättern leben, standen mir zu Gebote, sie starben nach dem vierten Tage der Infection an der Pilzkrankheit. Ich suchte mich dafür bei der Stubenfliege zu entschädigen, die ich an der weissen Unterleibsstelle mit Sporen inficirte. Zwei Serien von je 15 Fliegen waren am sechsten Tage nach der Infection Leichen, und der Pilz brach überall mit Macht hervor. Ein Zirkelschnitt, der die weisse Haut des Leibes von ihrer fester gepanzerten Oberhälfte trennte, lieferte ein leicht zu präparirendes Object, das Eindringen des Pilzes zu sehen. Die Haut ist womöglich noch klarer, wie die der Raupe, und der Pilz

dringt ganz in derselben Weise auch hier ein. Der Versuch bewies, dass die Fliegen leicht inficirbar sind und deutete zugleich darauf hin, dass ganz besonders der Unterleib als geeignete Stelle zur Infection in Betracht zu nehmen sei. Nach der Feststellung dieser Thatsache konnte nunmehr zur Untersuchung des Fliegenpilzes auf dem Wege der Infection zurückgegangen werden.

IV. Untersuchung des Fliegenpilzes.

Die ersten Schwierigkeiten, mit denen hier zu kämpfen war, bestanden in einer Sonderheit dieses Pilzes. Er wirft seine Sporen einzeln ab, und darum sind sie nicht wohl als Infectionsmaterial zu sammeln, wie es sonst möglich ist (fig. 16, Taf. III). Aus Mangel an Sporen konnte nun nicht jede Fliege besonders mit Sporen inficirt werden, man war vielmehr gezwungen, die explodirenden sporenwerfenden Fliegen mit noch lebenden zusammenzusetzen. Je zweckmässiger dies geschah, um so wahrscheinlicher musste der Erfolg sein, von einer vollkommenen Sicherheit aber war von vorn herein zu abstrahiren.

Bei den ersten Versuchen wurden die Fliegen, ihre Unruhe zu mildern, chloroformirt. Die Methode bewährte sich nicht, die Fliegen starben nach einigen Tagen in Folge der Chloroformnarkose, von der sie sich anfangs erholt hatten. Mit dem besten Erfolge wurde endlich nach langem Probiren folgendes Verfahren ausfindig gemacht. Ein kleines Glas von 7 Cm. Höhe und 4 Cm. Durchmesser wurde an seiner Innenseite mit Fliegen garnirt, bei denen der Pilz eben ausbrach; mit den Flügeln gegen das Glas gekittet, streckten sie den pilzschwangeren Leib gegen den Innenraum des Glases. Es konnte nun beim Einsetzen lebender Fliegen nicht fehlen, dass Sporen gegen ihren Unterleib geschleudert wurden, mochten sie seitlich von ihren todten Genossen wandern oder quer über sie hinschreiten. Nach 24 Stunden wurden sie der engeren Haft entlassen, und in ein grösseres Gefäss gegeben, — das Hospital — wo sie bei dem Genusse einer erweichten Backpflaume (die lange schimmelfrei bleibt) frei umherfliegen konnten. Jeder Versuch wurde durch eine gleiche Anzahl nicht inficirter Fliegen vom selben Orte controlirt. Von den 3 ersten Serien, die gegen 60 Fliegen in Summa umfassten, gingen $^2/_3$ am siebenten, achten und neunten Tage an der Pilzkrankheit unter, die zurückgebliebenen waren meist kleine Männchen. Im Controlgefässe blieb Alles gesund, kein Zweifel also, dass die Krankheit durch Infection fortgepflanzt war. Die Zeitdauer von der Infection bis zur Pilzentwicklung auf der Fliege wich nicht erheblich von dem bei dem Raupenpilze erhaltenen Resultate ab.

Es galt nun den Pilz wirklich eindringen zu sehen, und hierzu neue Infectionen vorzunehmen. Gleich bei der Translocation der Fliegen aus dem Infectionsglase in das Hospital wurden einige Fliegen chloroformirt, der weisse Theil des Leibes mit einer scharfen Scheere ausgeschnitten und auf der Innenseite vorsichtig gereinigt. Zahlreiche Sporen klebten der Haut an, sie hatten aber noch nicht gekeimt. Die am nächsten Tage mit einem beharzten Glasstäbchen dem Culturglase entnommenen Fliegen zeigten schon die charakteristischen Eindringstellen (fig. 17.). Der Hautfleck, auf dem die Spore lag, war gebräunt und die Sporen hatten (fig. 17a—d.) einen dicken Fortsatz in die Haut getrieben, der noch nicht ganz durchgedrungen war. Leider war dies am nun folgenden Tage schon so weit geschehen, dass neun Fliegenhäute nur mehr das Loch zeigten, durch das der Schlauch seinen Eingang genommen hatte, von ihm selbst war nichts mehr zu sehen, doch über der weiten Mündung der braunbehöften Eindringstelle lag ohne Ausnahme die leere collabirte Sporenhaut. Der Keimschlauch hatte den geradesten Weg als den nächsten eingeschlagen, er ist zu dick und die Fliegenhaut zu dünn für weiten schrägen oder horizontalen Verlauf in der Haut. Entsinnen wir uns nun, dass bereits Cohn und Lebert das erste Auftreten des Pilzes im Fliegenleibe in Form von einzelnen zarten Zellen bestimmt erkannt haben, und dass sie auch später ein eigentliches Mycelium nicht fanden, vielmehr beobachteten, wie jede einzelne Zelle zu einem besonderen Pilzindividuum auswächst, so geht schon allein hieraus auf das Wahrscheinlichste hervor, dass der eingedrungene Keimschlauch sich nicht als continuirlicher Pilzfaden darstellen wird, und ist dies nicht der Fall, trennt sich jede neugebildete Zelle als Einzelindiduum von der Mutterzelle, wie man es zur Erklärung der einzelnen Pilzzellen vorläufig annehmen muss, so muss die Beobachtung des eindringenden Keimschlauches und sein nächstes Verhalten auf Schwierigkeiten stossen. Gleich nach erfolgtem Eindringen wird mit der ersten Neubildung von Zellen deren Trennung erfolgen, und nur ein glücklicher Moment wird zur wirklichen Beobachtung eines solchen Vorganges führen. Die grosse Kette vergeblicher Versuche bestätigte dies vollkommen. Nun eröffnete sich bei dem ersten gelungenen Präparate eine weitere Schwierigkeit in der grossen Vergänglichkeit der zarten Zellen im Wasser. Nach wenigen Minuten, ehe noch eine genaue Verfolgung möglich war, wurden sie undeutlich und zergingen. Eiweiss, Speichel, verschiedene Lösungen von Zucker, Glycerin etc. waren kaum besser wie Wasser, dagegen leistete eine 0,6 procentige Kochsalzlösung vorzügliche Dienste. Die zartesten Zellen erhielten sich darin lange unzersetzt, das

Plasma änderte nicht seine natürliche Beschaffenheit, und so konnten die Einzelheiten des Eindringens festgestellt werden.

Der von der Spore auf der Aussenfläche der Haut ausgehende Keimschlauch erweitert sich bei seinem Austritte auf der Innenfläche zu einer grossen Zelle, aus der hefeartig nach verschiedenen Seiten kleine Tochterzellen hervorsprossen (fig. 17e.). Nur bei der allervorsichtigsten Präparation sieht man eine förmliche Familie von Zellen ungleicher Grösse. Sie trennen sich von der Mutterzelle um sich auf geeignetem Boden anzusiedeln. Diesen bietet ihnen der nahegelegene Fettkörper, und es entsteht nun die weitere Frage, was aus ihnen wird. Der Analogie mit dem verwandten Raupenpilze nach müssten sie ein Mycelium bilden. Dieses besitzt aber nach den früheren Untersuchungen unser Pilz zunächst nicht, an seiner Stelle finden sich zahllose grössere und kleinere runde Zellen, die nach Cohn durch freie Zellbildung, nach Lebert aus eingeführten fremden Pilzsporen entstehen, während sie Bail einfach für Hefezellen hält. Diese Zellen gehen in der einfachsten Weise aus den ersten von der Keimspore in den Fliegenleibeingeführten Zellen hervor. Diese beginnen im Fettkörper hefeartig weiterzusprossen und vermehren sich in kurzer Zeit massenhaft (fig. 18.). Durch sie wird das erste Stadium vegetativer Entwicklung des Pilzes repräsentirt. In geeigneten jungen Zuständen ist der Fettkörper mit grossen Colonien solcher Zellen angefüllt (fig. 18.). Die Fruchtbarkeit einer Mutterzelle ist sehr gross. Man sieht sie in manchen Fällen überdeckt mit jungen Sprösslingen jeder Grösse, zum Theil schon abgegliedert und nur anhaftend, zum Theil noch in continuirlichem Verbande mit der Mutterzelle (fig. 18.). Durch eine Reihe von Generationen dauert diese Vermehrung der Individuen fort. Die Zellen selbst haben runde Gestalt, feinkörnigen Inhalt, nur selten Vacuolen und niemals einen Zellkern. Schon diese runden Zellen gelangen in das Blut der Fliege. Aber das Blut ist nicht der Ort ihres ersten Auftretens und ihrer Vermehrung, wie es von Cohn und Lebert angenommen wurde, dies ist wie bei dem Raupenpilze der Fettkörper. Aus ihm kommen ganze Klumpen von Zellenmassen hervor, noch ehe das Blut in Mitleidenschaft gezogen ist. Dass die Zellen hier aber verhältnissmässig früh in's Blut gelangen, kann bei einzelnen Zellen gewiss nicht Wunder nehmen. Hier vertritt der Vorgang dieser Zellvermehrung das Wachsthum des Myceliums durch Zelltheilung beim Raupenpilze. Vom physiologischen Gesichtspunkte aus haben die einzelnen Zellen des Fliegenpilzes ganz denselben Werth wie die zusammenhängenden Zellen des Myceliums, nur ihr Bildungsmodus ist ein anderer und an ihn knüpft

sich die Eigenthümlichkeit, dass hier mit der Bildung jeder neuen Zelle zugleich ihre Abtrennung als Einzelindividuum erfolgt, dort die Continuität der Zellen mit jeder Neubildung erhalten bleibt, also jeder Zellenverband ein Individuum nach dem gewöhnlichen Begriffe bildet. Die Vermehrung der Individuen durch Sprossung erreicht an einem bestimmten Zeitpunkte ihr Ende. Die neuen Sprosse trennen sich nicht mehr, auch nicht durch eine Scheidewand (fig. 19.). Dieser Uebergang ist aber kein plötzlicher, an allen Individuen eines Fliegenkörpers gleichzeitiger, er ist ein ganz allmählicher. Es kann an einer Stelle die Vermehrung der Zellen fortdauern, während an einer anderen Stelle bereits das Auswachsen der Zellen anhebt, und an einer weiteren schon erheblich vorgeschritten ist. Mit Leichtigkeit sind diese Uebergänge, wie sie die fig. 19. darstellt, in einer Fliege zu finden. Es bedarf auch durchaus nicht einer bestimmten Grösse der Zelle, um schlauchartig auszuwachsen. Kleine und grosse Zellen beginnen gleichzeitig Schläuche zu treiben, die bald an Dicke der Keimzelle gleichstehen, bald hinter ihr zurückbleiben, endlich auch auf beiden Seiten hervorkommen (fig. 19 u. 20.). Die zufällige Dicke der Keimzelle entscheidet es allein, ob sie sich später vor dem Schlauche absetzt oder ob sie, von gleicher Dicke des Schlauches, nicht mehr kenntlich in diesen verläuft; und der Schlauch wächst einseitig, wenn die Zelle nur an einer Seite, beiderseitig, wenn sie an entgegengesetzten Polen treibt (fig. 19 u. 20.). Cohn hat also Unrecht, wenn er den Keimschlauch als Wurzel ansieht, und aus der sich später vergrössernden Keimzelle das aus der Haut tretende sporenwerfende Schlauchende hervorgehen lässt. Die Schläuche (so mögen sie der Kürze wegen, wenn auch nicht ganz correct, bezeichnet werden) nehmen mit ihrem Wachsthum alle erdenklichen Formen an (fig. 20.). Lange regelmässige Aeste gehören zu den Seltenheiten, um so zahlreicher sind wulstige Aussackungen und kurze dicke Fortsätze. Der Schlauch bleibt eingliederig ohne Scheidewand. Bis zu der Grösse, wie sie die fig. 20. darstellt, sind die Pilzindividuen in der Mehrzahl entwickelt, wenn die Fliege stirbt. Die grosse Zahl von Keimzellen, die in dem Fliegenleibe wachsen, verzehren die inneren Körpertheile, in der Beengung des Raumes weichen die Ringe des Leibes auseinander und die Haut zwischen ihnen ist zum Platzen gespannt. Die Schläuche haben inzwischen eine erhebliche Länge erreicht und mit nachlassendem Längenwachsthum schwillt das eine, der äusseren Haut nahegerückte Ende keulenförmig an (fig. 21b u. c.), das Plasma drängt sich gegen die Anschwellung, die sich dehnend und verlängernd mit ihrer Spitze die Haut durchbricht. Dies geschieht gleichzeitig von einer Unzahl

gleichentwickelter Schläuche, deren Enden sich aussen dicht nebeneinander ordnen (fig. 22.). Alle sind reich an körnigem Plasma. Langsam erscheint an dem äussersten Punkte des Schlauches eine deutliche Prominenz, die mehr und mehr hervortritt. Es ist eine einfache Ausstülpung, die sich zur Kugelgestalt erweitert (fig. 21b u. c.). Cohn hat die so entstandene Form des aussen an der Fliege hervorgetretenen Schlauchendes sehr passend mit einem Spielkegel verglichen (fig. 22 u. 21c.). Die ausgestülpte Kugel, die oben eine zierliche Spitze erhält, ist die zukünftige Spore. Nach vollendeter Ausbildung trennt sie eine einfache Scheidewand von dem Schlauche (fig. 23.). Die besten Nahrungsvorräthe scheinen zu ihrer Bildung dem Schlauche entnommen zu sein. Das feinkörnige Plasma ist mit Fett übersättigt, einzelne oder mehrere dicke Fetttropfen schwimmen in ihm (fig. 23.). Mehr die wässerigen Theile des Plasma scheinen dem Schlauche zu verbleiben. Schon mit der Ausstülpung der Spore treten an seinem entgegengesetzten Ende Vacuolen auf (fig. 21b. c.), die von unten nach oben zunehmen und sich nahe der Scheidewand der Spore zu einer grossen Wasserblase im oberen Schlauchende gestalten (fig. 23.). Diese grosse Vacuole drängt einen dicken Plasmaklumpen gegen die Scheidewand der Spore (fig. 23.). Mit zunehmender Spannung reisst der Schlauch dicht unter der Sporenansatzstelle ringsum durch, wobei die Spore, umhüllt von dem Plasma des Schlauches, abfliegt. Neue Schläuche treten schnell in die Lücke des geplatzten, das Sporenwerfen fortzusetzen. Es dauert dies ununterbrochen über zwei Tage hinaus. Zur Zeit, wo die frühest entwickelten Schläuche die Sporen entleeren, sind im Innern des Fliegenleibes noch alle möglichen jüngeren Zustände, sogar erst eben auswachsende Keimzellen (fig. 21a.).

Es ist nun festzustellen, ob ein Schlauch nur eine Spore wirft und dann untergeht, oder ob derselbe Schlauch wiederholt Sporen bilden kann. Den letzteren Fall hält Cohn und mit ihm Fresenius für den wahrscheinlichen, und Letzterer ist mit der Auffassung Cohn's über die Structur des Schlauches und die Art, wie er sich der Sporen entledigt, ganz im Einklange. — Die Frage kann durch directe Beobachtung der Schläuche an der Fliege nicht sicher entschieden werden, weil der fixirte Schlauch mit der Explosion und mit dem Abwerfen der Spore unter den umstehenden verschwindet; man muss den krummen Weg einschlagen, die Beschaffenheit des Schlauches vor und nach der Explosion untersuchen. Die erste haben wir kennen gelernt und gesehen, wie durch Vacuolenbildung in Folge von Wassereinlagerung eine Veränderung und Spannung im Innern des Schlauches eintrat, die die Explosion zur nächsten

Folge hatte. Welche Grenzen hat nun diese Explosion im Schlauche? und welche Folgen hat sie für ihn? Auf einen Theil des Schlauches beschränkt kann die Explosion nur dann sein, wenn eben dieser Theil durch eine Scheidewand von dem anderen Theile des Schlauches getrennt ist. Dies war bei dem Raupenpilze der Fall, die Explosion betraf immer nur das Sterigma, das eine Scheidewand vom Faden schied. Der Schlauch des Fliegenpilzes ist aber bestimmt einzellig, die Scheidewand, die Cohn gesehen hat, die ihn zur Bezeichnung von Stiel- und Wurzelzelle und zur Annahme der Dreizelligkeit des Pilzes verleitete, existirt nicht, wie schon Lebert richtig erkannte. Wo etwa eine Scheidewand in einem Schlauche auftritt, ich habe dies ganz einzeln beobachtet, trennt sie nur eine leere Zelle von einer protoplasmaerfüllten, ganz wie bei den Keimschläuchen der abgeworfenen Sporen. Der Schlauch in seiner vollen Ausdehnung wird also von der Explosion betroffen, und zwar erfolgt diese an dem verbreiterten Ende. Durch die vorher eingetretene Spannung im Schlauche ist das Zerplatzen mit der Entleerung des Protoplasma verbunden, das mit der Spore in die Umgebung fliegt. Was vorher von dem Schlauche aussen an der Fliege zu sehen war, verschwindet im Momente der Explosion, und die Reste des zerrissenen, offenen und entleerten Schlauches sind im Leibe der Fliege aufzusuchen. Unter der Menge solcher kann von dem Wiederfinden des einzelnen nicht die Rede sein, aber eben die Menge collabirter, an einem Ende offener Schläuche, in denen man wenig geronnenes Plasma und vereinzelte Klümpchen wahrnimmt (fig. 24.), sind die Reste der zahlreich in einem Augenblicke explodirten Schläuche. Von diesen anzunehmen, dass ihre Wunden verheilen, dass sie sich von Neuem verjüngen und, erfüllt mit Inhalt, die Sporenbildung fortsetzen, ist kaum möglich, man müsste denn auch von einem entleerten Ascus annehmen, dass es ein zweites Mal Sporen bilde. Dies geschieht immer nur von den jungen Schläuchen, die sofort die alten entleerten verdrängen und ihren Platz einnehmen. Es ist der ganze einzellige Schlauch, der eine Spore erzeugt, diese ist nicht das Product eines abgegliederten Astes, mit dessen Verblühen ähnlich dem Raupenpilze der nächste vorrücken könnte. Mit der einmaligen Sporenbildung hat hier der ganze Schlauch seine Function erfüllt wie dort ein einzelner Ast, beide werfen die Spore durch Aufplatzen ab und gehen unter.

Die einzeln abgeworfenen Sporen bilden um die Fliege einen weissen Hof, den man an glatten oder zugleich durchsichtigen Gegenständen oft in zollweiter Entfernung wahrnimmt (fig. 16.). Untersucht man die Sporen einige Zeit nachdem

5

sie auf trockenes Glas geworfen sind, so erscheinen sie von eigenthümlichen Membranen umhüllt und von einer körnigen, verschwommenen Masse in nächster Nähe umgeben (fig. 25a-d. Taf. IV.). Die früheren Beobachter haben über den Ursprung dieser häutigen und körnigen Umgebungen der abgeworfenen Sporen keine oder nur eine wahrscheinliche Erklärung gegeben, z. B. neigt Lebert zu der Ansicht, dass die Sporenmembran aus mehreren Schichten bestehe, deren äussere sich durch Imbibition abhöbe. Sie haben den Process des Sporenabwerfens keiner genauen Untersuchung unterzogen und so ist es ihnen entgangen, dass dieses durch Aufplatzen des Schlauches geschieht, wobei sein Inhalt mit der Spore hinausfliegt. Cohn nimmt eine doppelte Scheidewandbildung bei der Abtrennung der Spore von der Stielzelle an, eine Wand, die der Spore angehöre und eine zweite, die dem Schlauche selbst verbleibe. Das Abwerfen der Spore geschieht nach ihm durch plötzliche Dehnung und damit verbundene Wölbung der Schlauchmembran unter der abgegliederten Spore. Der Schlauch selbst bleibt verschlossen und für weitere Sporenbildung befähigt. Mit jeder Neubildung einer Spore wird erst die alte abgeschleudert und nur darum entspricht der reihenweisen Bildung der Sporen keine gleiche Anordnung. — Jede Beobachtung des explodirenden Schlauches lehrt zunächst, dass der ganze Schlauch, der doch in erheblicher Länge aus dem Fliegenleibe hervorsieht (fig. 22. u. 28.), mit der Explosion ganz zusammensinkt, er müsste aber grösser werden, wenn durch seine Ausdehnung die Spore abgeworfen würde. Das Zusammensinken ist die Folge der Inhaltsentleerung des Schlauches und jede im Augenblicke der Explosion trocken aufgefangene Spore ist von diesem Inhalte, einem dicken Plasmaklumpen, eingehüllt (fig. 25a—c.). Das Plasma gerinnt und bildet nach Aussen eine membranartige Hülle. Mit der Austrocknung sinkt diese Hülle faltig um die Spore zusammen (fig. 25d.), die ihrerseits nur eine einzige dünne Membran hat (fig. 26c.). Die vollkommen sichere Ueberzeugung, dass die Hülle von dem ausgeworfenen Plasma der Stielzelle um die Spore gebildet wird, kann aber erst durch einen Gegenversuch gewonnen werden, nämlich dadurch, dass man die Spore in Wasser schleudern lässt, und sie vom Augenblicke ihrer Ankunft an verfolgt. Ist die Spore wirklich von dem Plasmainhalte des Schlauches beim Abfliegen umgeben und bildet sich secundär die membranartige Hülle aus diesem ausgeworfenen Plasma, so muss sie mit demselben auf dem Wasser ankommen, aber hier die Hüllenbildung unterbleiben. Dies wird genau durch die Beobachtung bestätigt. Das Plasma zergeht in Wasser (fig. 26a.) und die nackte Spore, in der Form wie sie dem Schlauche aufsitzt

(fig. 23.), sinkt zu Boden (fig. 26e.). Nur so allein ist es möglich, ihre Gestalt und Beschaffenheit genau zu ermitteln. Sie hat eine einfache Membran, glockenförmige Gestalt (fig. 26c.), zeigt nur eine leichte Andeutung der früheren Verbindungsstelle mit dem Schlauche und durch ihr körniges Plasma scheinen dicke Fetttropfen durch, die auch wohl zu einem grossen Klumpen vereinigt sind. Die Grösse ist wechselnd von 0,0231 — 0,0165 M. M. Länge und 0,0107 — 0,0165 M. M. Breite. Unter Wasser keimen die nackten Sporen nicht, sie gehen unter, doch ohne jede Abhebung von Membranen.

An einem Rückensegmente, das mit der nöthigen Vorsicht von einer explodirenden Fliege abgetrennt und schnell mit seinen am Rande dicht gestellten Schläuchen in Wasser ausgebreitet ist, kann man sich die Art der Explosion und die Beschaffenheit des Schlauches vor und nach derselben mit Leichtigkeit zur Anschauung bringen. Die Schläuche setzen nämlich unter Wasser die Explosion eine kurze Zeit fort. Hier sieht man auf's deutlichste, wie das Plasma des Schlauches mit der Spore ausgeworfen wird, wie diese vorher nur durch eine einfache, nicht doppelte Scheidewand (fig. 21c. u. 23.) vom Schlauche getrennt ist und wie mit der Explosion alles verschwindet, was vorher vom Schlauche zu sehen war.*)

Bei den in Wasser aufgefangenen Sporen sind unter der grossen Masse nack-

*) Aus dem Bericht über einen Vortrag, den Graf zu Solms-Laubach am 31. Juli 1869 in der naturforschenden Gesellschaft zu Halle über die herbstliche Pilzkrankheit der Stubenfliege gehalten, geht hervor, dass er den Vorgang der Sporenentleerung bei dem Fliegenpilze schon früher richtig beobachtet hat. Er sagt wörtlich: „Der sehr einfache, bisher nicht richtig beschriebene Mechanismus der Abschleuderung der Sporen ist ganz derselbe wie bei Pilobolus. Durch die andauernde Vermehrung der Inhaltsflüssigkeit des die Spore tragenden Schlauches, wird dessen Membran aufs äusserste gespannt; endlich reisst dieselbe dicht unter der Spore in einem kreisförmigen Querriss durch und schleudert, indem sie darauf auf viel geringeres Volumen zusammenschnurrt, die Spore nebst dem grössten Theile ihrer Inhaltsflüssigkeit in weitem Bogen fort. Der entleerte Schlauch collabirt alsdann und es tritt umgehend ein anderer jüngerer an seine Stelle. Wenn die abgeschleuderte Spore in Wasser fällt, so sinkt sie darin unter, der sie begleitende Tropfen aber zerfliesst. Auf festen Körpern dagegen bleibt sie mit Hülfe des besagten Tropfens hängen, und wird derselbe — im Momente des Auffliegens krystallhell — alsbald in eine weissliche wachsweiche Masse verwandelt, die die Spore wie eine undurchsichtige und vielfach gerunzelte sackförmige Hülle umgibt. Schält man die Spore aus derselben heraus, so gleicht sie vollkommen einer sofort in's Wasser geschleuderten, an ihrem der tragenden Hyphe zugewendeten Ende erkennt man meist mit Leichtigkeit einen Ring von mehr oder minder zersetztem sehr kleinen Membranrest, der dem über der Rissstelle gelegenen sehr schmalen Membranstück des Tragfadens entspricht."

ter eine kleine Zahl von Sporen zu finden, die von einem weiten inhaltsleeren Mantel umgeben sind (fig. 27a. u. b.). Der Mantel ist, wie man beim Drehen und Rollen der Sporen verfolgen kann, allseitig geschlossen, und man kann versucht sein dennoch eine ausnahmsweise Häutung der Sporen und nachträgliches Abheben der Haut, ähnlich wie bei *Chlamydococcus*, anzunehmen. Auch diese Abnormität ist nur scheinbar und hat eine höchst einfache Ursache. Ein nicht kleiner Theil abgeschleuderter Sporen fliegt mit der Explosion an die langen Haare des Fliegenkörpers, dort in Gestalt eines dicken Tropfens hängen zu bleiben (fig. 28.). Liegt die Fliege in einem feuchten Raume zum Zwecke des Sporenauffangens, so sinkt der Plasmatropfen, der die Spore umgibt, durch gehinderte Verdunstung nicht zusammen und es kann die ungestörteste Hüllenbildung aus ihm vor sich gehen. Die Spore wird durch die abgeschiedene Hülle an dem Haare befestigt. Gegen sie fliegen nun weitere Sporen sich an sie anzulegen (fig. 28.). Eine Ansicht des Fliegenkörpers gibt uns das Bild einzelner und zu ganzen Klumpen verbundener Sporen, die an den Fliegenhaaren hängen. Werden sie günstig von den später explodirenden Sporen getroffen, so fallen sie ab und in's Wasser. Einzeln sind sie unsere schön umhüllten Sporen (fig. 27a.), verbunden geben sie ein trügerisches Bild zelligen Gewebes mit contrahirtem Plasma (fig. 27b.). Die Hülle ist in ihrer vollkommenen Ausbildung doppelt contourirt und von verhältnissmässiger Mächtigkeit (fig. 27a.). Sie färbt sich mit Chlorzinkjod und mit Jod und Schwefelsäure nicht blau, ebensowenig wie die Sporenmembranen selbst. Ihre äussere Form ist gleich allen übrigen Membranen, die normal von lebensthätigem Plasma gebildet sind. Dieser Fall einer Hüllbildung von ausgeworfenem Plasma dürfte kaum irgend ein Analogon finden, und dieser Umstand mag es entschuldigen, wenn die Einzelheiten hier weitläufig beschrieben wurden.

Die Sporen sind mit ihrer Reife keimbar, und die Keimung kann sofort mit der Abwerfung beginnen. Die nöthige Feuchtigkeit findet sich in dem umgebenden Plasma. Feuchte Luft begünstigt die Keimung dadurch, dass sie die schnelle Ausdunstung dieses Plasma hindert, ebendarum tritt bei zu trockner Luft keine Keimung ein. Es wurde schon früher bemerkt, dass eine günstige Lage der Spore am Rande eines Wassertropfens die Bildung eines dicken Keimschlauches bewirkt (fig. 29a u. b.), dessen Wachsthum und Beschaffenheit mit der Keimung der Sporen des Raupenpilzes, wenn diese einen Keimschlauch bilden, genau übereinstimmt. Dies geschieht aber beim Raupenpilze nur bei viel Feuchtigkeit, wenn der Keimschlauch in's Wasser

gehen kann, sonst wird nur ein dünner Fortsatz in die Luft getrieben, an dessen Ende eine secundäre Spore auftritt. Ganz in Uebereinstimmung hiermit finden wir das besondere Verhalten vieler Sporen des Fliegenpilzes, wenn sie in Beziehung auf Feuchtigkeit weniger günstig gelagert sind. Sie treiben einen kurzen Fortsatz in die Luft, der oben anschwillt und sich nun durch eine Scheidewand abtrennt (fig. 30a-c.). Unter dieser Scheidewand bleibt ein dicker, zur Neubildung der neuen Zelle nicht verbrauchter Plasmaklumpen in der ursprünglichen Spore zurück (fig. 30a—c.). Er drängt sich gegen die Scheidewand, und bald wird das kugelige Glied, in derselben Weise wie die Spore von dem Hauptschlauche an der Fliege, abgeworfen und auch hier wieder mit dem Plasma der Spore (fig. 31d.). Die Spannung in dieser Spore vor dem Aufplatzen ist eine geringere wie beim Schlauche, die secundäre Spore, als solche müssen wir die kugelige Zelle ansehen, fällt in kürzerer Entfernung nieder (fig. 31a.). Sie vertrocknet oder treibt an Wassertropfen einen Keimschlauch (fig. 31a u. b.). Die Bildung dieser secundären Spore ist analog dem Auftreten der secundären Sporen beim Raupenpilze mit der weiteren Complication, dass die secundäre Spore nur von einem Theile des Plasma der Mutterspore gebildet wird, und dass der übrige Theil mit der Spore durch Platzen der Mutterspore abgeschleudert wird. Bail gibt an, dass er die Keimung des Fliegenpilzes in beiden Formen vor Jahren bereits beobachtet habe. Ausser diesen kurzen Worten sind mir Beschreibung und Abbildung nicht bekannt.

Wenn die Bildung von secundären Sporen innerhalb der Umhüllung (welche von dem ausgeschleuderten Plasma des Schlauches gebildet ist,) vor sich geht, erscheint das Bild einigermassen complicirt (fig. 30a. b. c.). Die Secundärspore sitzt zwei in einander liegenden Blasen auf, einer äusseren, die sie durchbricht, einer inneren, mit der sie in continuirlicher Verbindung steht (fig. 30a. b. c.). In fig. 30c. ist die Bildung von Secundärsporen von Anfang an verfolgt und dargestellt. An der Fliege selbst, an den Haaren, bilden sich bereits die Secundärsporen (fig. 28.) und es kommt unter Umständen ein wunderlicher Zusammenhang zu Stande, wenn zusammengeworfene Sporen keimen (fig. 27b.). Bilder dieser Art haben Fresenius und Cohn gezeichnet, aber nicht bestimmt zu deuten gewagt, Cohn spricht vermuthungsweise den Beginn der Keimung aus.

In ununterbrochener Folge sind wir nun in der Entwicklung des Pilzes bei der Spore angekommen, von der wir ausgingen. — Der Keimschlauch der Spore dringt in den Fliegenleib ein, und von der ersten Zelle

die er dort bildet, geht die Vermehrung durch hefeartige Sprossung zu jener ungeheuren Zahl von Individuen, deren jedes zu einem Schlauche auswächst, welcher eine Spore abschnürt und diese mit seinem Inhalte abwirft. Die Sporen pflanzen, wenn sie äusserlich auf den Fliegenleib und zwar speciell auf die weisse Unterleibsstelle gelangen, die Krankheit fort. Der Pilz ist die Ursache, und nicht die Folge der Krankheit.

Höchst genau sind hier die Vorgänge der Sporenentleerung und die Bildung von secundären Sporen den Zwecken der Verbreitung des Pilzes, also der natürlichen Infection angepasst. Mit dem Auswerfen des Plasma des Schlauches wird die Spore fest gegen den Fliegenleib geworfen und ihr der ihre Keimung bedingende Schutz und die Feuchtigkeit, die zugleich auch der äussern Befestigung dient, mitgegeben. Verfehlt die Spore ihr eigentliches Ziel, den Fliegenleib, so dient das Plasma weiter zur Bildung von secundären Sporen und die Hüllbildung aus ihm ist ein Hinderniss zu schneller Verdunstung und Vertrocknung. Die secundäre Spore wird abermals abgeworfen und macht hierdurch eine zweite noch wahrscheinlichere Art der Infection möglich. Sie erklärt erst die grosse Verbreitung des Pilzes, weil ihr Stattfinden die directe Berührung gesunder und pilzkranker Fliegen zum Zwecke der Infection überflüssig macht. Es genügt der flüchtige Aufenthalt einer Fliege an einer Stelle, wo eine Pilzfliege kurz vorher ihre Sporen warf. Durch genügende Feuchtigkeit gefördert ist die ganze mit Sporen beworfene Fläche einem Walde von Kegeln ähnlich, bedeckt von den aufragenden, der Mutterspore aufsitzenden Secundärsporen. In jedem Momente werden ihrer abgeschleudert und der überlaufenden Fliege an den Unterleib geworfen. Von dem Hülfsmitteln dieser früher nicht erkannten einfachen Infection machte ich für eine Reihe weiterer Infectionsversuche Gebrauch, von denen zum Schlusse der Arbeit des Näheren die Rede sein soll.

Unter den inficirten Fliegen sind es besonders die Weibchen, in denen der Pilz zur üppigsten Entwicklung kommt, ebenso sind es ja auch immer die Weibchen, bei denen im Freien der Pilz sich am auffälligsten zeigt. Die Männchen sind kleiner und schmächtiger, die Fläche ihres Unterleibes, die am meisten der Infection ausgesetzt und ihr nach ihrer Zartheit auch am zugänglichsten ist, ist kleiner und darum die Ansteckung unter ihnen von vorn herein wohl weniger begünstigt. Aber noch ein anderer Umstand wirkt hier mit, der bei künstlichen Infectionen zu falschen Deu-

tungen und Resultaten führenkann. Der Pilz hat den Sitz seiner vegetativen Entwicklung im Fettkörper, folgerichtig wird er immer da am üppigsten auftreten, wo der Fettkörper am grössten und reichsten ist, und dies trifft für die grossen Weibchen zu. Bei den kleinen und mageren Männchen wird die Vegetation des Pilzes beschränkt, die inneren Theile können für seine völlige Entwicklung sogar nicht einmal ausreichend sein, das Thier stirbt durch den Pilz, aber er kommt äusserlich nicht zum Vorschein, die Fructification unterbleibt. Man ist leicht geneigt zu glauben, dass hier keine Infection stattgefunden hat, die Obduction zeigt die Gegenwart des Pilzes, der bei dem Mangel an Nahrung nicht über einen bestimmten Punkt hinaus entwickelt ist. — Dies halte ich für den Hauptgrund, weshalb der Pilz mehr an den Weibchen gefunden wird, während er sich auch auf die Männchen überträgt; zugleich fand ein Theil der Ausnahmen meiner künstlichen Infectionen hierin seine Erklärung.

Zu geringe Feuchtigkeit und mechanische Störungen z. B. Druck hindern, wie bei dem Raupenpilze, den Ausbruch des Pilzes zur Sporenbildung.

Mehrfach habe ich versucht, den Fliegenpilz auf Raupen zu übertragen, aber ohne jeden Erfolg. Die inficirten Raupen (denen eine Pilzfliege, welche sie ganz mit Sporen überschüttete, auf den Rücken gekittet wurde) blieben gesund, der Pilz drang an keiner Stelle der Haut ein. Vielleicht dass die in Rede stehende Pilzspecies allein auf Fliegen lebt, wo sie ja auch bis jetzt ausschliesslich angetroffen worden ist.

Durch die schrittweise Verfolgung des in sich zurücklaufenden Entwicklungskreises ist die Selbständigkeit und Eigenartigkeit des Pilzes auf das unzweideutigste dargethan. Damit sind die früheren Angaben von selbst widerlegt, wornach der Fliegenpilz nur ein Entwicklungsglied in der Reihe verschiedener Formen eines vielgestaltigen Organismus repräsentire. Ein genetischer Zusammenhang dieser Art konnte, bevor dies geschehen, nach dem bisher unerklärlichen Auftreten und der weiten Verbreitung der Empusa gar wohl gedacht werden, er konnte bei grosser Häufigkeit des betreffenden Organismus sogar viele Wahrscheinlichkeit gewinnen, aber nur auf Grund der vorsichtigsten Untersuchung durfte er geltend gemacht werden. Dies geschah von Cienkowski in der angeführten Angabe, nach der die ersten Zellen des Pilzes im Fliegenleibe in Achlya übergehen, wenn man sie in Wasser cultivirt. Weil diese Angabe von Cienkowski, einem so trefflichen Beobachter, herrührt, habe ich seinen Versuch nachgemacht, wo möglich

den Grund seiner Täuschung zu finden. Ich cultivirte Theile des Fettkörpers, die reich an Pilzzellen waren, nach Cienkowski's Vorschrift erst in Wasser, wo sie abstarben, dann in der 0,6 procentigen Kochsalzlösung. Und wirklich wuchsen lange dicke Schläuche aus ihnen hervor, die durch Ansammlung des Plasma in der Endzelle und durch ihre Grösse eine fast vollkommene Aehnlichkeit mit Achlyaschläuchen hatten (fig. 32.). Sie stellten bald ein Mycelium dar, wie ich es bei den ersten Keimversuchen aus den abgeworfenen Sporen des Fliegenpilzes zog, mit protoplasmaerfüllten Endzellen (fig. 29c.). Von diesen Schläuchen wuchsen einige in die Luft, nicht um Zoosporangien zu bilden, wohl aber je eine ganz normale Empusaspore an ihrer Spitze abzuschnüren, die unter meinen Augen abgeworfen wurde (fig. 33.). Es geschah dies in der früher beschriebenen Weise durch Aufplatzen der die Spore tragenden Zelle, in der vorher das Andrängen eines Plasmaklumpens (fig. 33.) gegen die Scheidewand der Spore, schöner als irgend früher, zu beobachten war. Wie dieser Versuch die frühere Beschreibung der Sporenbildung und den Mechanismus des Abschleuderns bestätigt, erweist er zugleich in Harmonie mit der prätendirten Selbständigkeit des Pilzes die Angaben Cienkowski's als irrthümlich. Cienkowski selbst gibt in seiner Mittheilung an, dass ihm nach vielen vergeblichen Culturversuchen gelungen sei, die Zoosporenbildung des Schlauches zu sehen; es ist nur möglich, dass in dem vereinzelten Falle die Achlya sich in seine Culturen eingeschlichen hat, deren vegetative Aeste dem Fliegenpilze sehr ähnlich sind.

Der Cienkowski'sche Versuch gab den Anlass zu weiteren von Bail ausgeführten Untersuchungen, deren Ausführung und Resultate wir bereits kennen. Der Stammbaum von Pilzen, den er aufstellt, führt auf die Hefe (Bierhefe) als erste und letzte Instanz zurück, und er spricht es an einer Stelle ganz direct aus, dass die Fliegen die Pilzkrankheit bekämen, wenn sie Hefe gefressen hätten. Es mag hier nur in Kürze daran erinnert sein, dass das vegetative Stadium des Fliegenpilzes in seiner hefeartigen Sprossung allerdings mit der Bierhefe einige Aehnlichkeit hat, aber auch nur hierin; der Bau, die Grösse, der Inhalt, wie ein Blick auf die Abbildungen (fig. 18.) zeigt, unterscheiden die Zellen des Fliegenpilzes hinlänglich von der Bierhefe, ganz abgesehen von ihrer weiteren Entwicklung.

In der bisherigen Untersuchung haben die fünf ersten der in der Einleitung aufgestellten Fragen ihre bestimmte Beantwortung erhalten. Erst auf Grund dieser, und darum an den Schluss unserer Betrachtung verwiesen, lässt sich die weitere und letzte Frage nach der Ueberwinterung des Pilzes untersuchen. Sie geht aus dem

auffälligen früher besonders betonten, periodischen Auftreten des Pilzes, also speciell aus dem Umstande hervor, dass mit dem Beginn des Herbstes die Pilzepidemie unter den Fliegen beginnt und mit nahendem Winter aufhört, während man in den übrigen Jahreszeiten von ihr nichts wahrnimmt. Es wird also mit der Ueberwinterungsfrage das plötzliche, überall fast gleichzeitige Erscheinen des Pilzes im Herbste, oder kurz gesagt sein Leben während der Dauer des ganzen Jahres näher in's Auge zu fassen sein.

In erster Linie sind die Sporen des Pilzes als Träger der Erhaltung ihrer Art anzusprechen, sie vermögen vielleicht nach der Winterruhe unter günstigen Bedingungen wieder aufzuleben und mit erneuter Vegetation die Krankheit bei den Fliegen wieder einzuführen. Zu Versuchen hierüber aufgesammeltes und vorsichtig den Winter über conservirtes Sporenmaterial erwies sich als keimunfähig, ja schon nach 14 Tagen, wenn die Sporen völlig ausgetrocknet waren, hatten sie die Keimkraft verloren. An ihrem Aussehen schon erkannte man die erlittene Veränderung und Zersetzung. Die Sporen sind, wie der beschriebene Modus ihrer Keimung darthut, auf directe Ansteckung, auf unverzügliche Keimung, aber nicht auf Dauer eingerichtet. Wie sollte auch das Fliegengeschlecht fortbestehen können, wenn aus den allverbreiteten ausgeworfenen Sporen die Krankheit im nächsten Jahre von Neuem ausginge? In den vorjährigen Sporen ist die Fortdauer des Pilzes und der Krankheit nicht zu suchen, und da Dauersporen, wie sie die Uredineen beispielsweise besitzen, bei keiner unter der Unzahl untersuchter Pilzfliegen gefunden wurden, so sind wir auf zwei Möglichkeiten angewiesen, die erste, dass der Pilz in den Maden oder Puppen der Fliege überwintere, die zweite, dass er unter den überwinternden Fliegen fortbestehe. Nach beiden Richtungen wurden Versuche angestellt. — Frisch gelegte Fliegeneier wurden gesammelt und auf feuchten Mist gebracht. Die jungen Maden, die bald auskrochen, wurden mit Fleisch ernährt und bei vorgeschrittener Grösse mit Pilzfliegen in Berührung gebracht. Da sie dieselben gierig auffrassen, so wurde der Versuch geändert, und in einer Schale kriechende Maden dem Sporenfeuer von Pilzfliegen ausgesetzt, die dem Deckel angekittet waren; in einem dritten Falle wurden endlich die Maden in ein Gefäss gesetzt, in dem Pilzfliegen vorher massenhaft ihre Sporen geworfen hatten, bei denen dann die Bildung von Secundärsporen durch feuchte Luft gefördert war. Von den Maden wurde keine pilzkrank, auch ihre Puppen waren gesund und pilzfrei, ebenso die ausgekrochenen Fliegen. — Anders steht es mit den überwintern-

den Fliegen. In Kellern, warmgelegenen Orten, Pferdeställen etc. verbringen eine nicht kleine Zahl von Fliegen den Winter. An diesen Orten Beobachtungen zu machen, ist nicht wohl ausführbar. Ich nahm meine Zuflucht zu einem Versuche, bei dem ich von den gewonnenen Erfahrungen bei der Infection ausging. Ich unterhielt die Krankheit im Zimmer in einem geräumigen Glase, worin ich Pilzfliegen mit gesunden einsperrte, und die letzteren immer neu ersetzte, wenn unter ihnen die Krankheit ausbrach. Im Kleinen waren hier annährend die Verhältnisse, wie sie sich im grösseren Raume an den Ueberwinterungsorten vorfinden, und war es möglich, in dieser Weise die Krankheit hier zu unterhalten, so durfte die Annahme als zulässig gelten, dass es dort ebenso sein werde. Die Rekrutirung der hierzu nöthigen überwinternden Fliegen besorgte ich aus den Vorräthen des Küchenkellers im Eisenbahnstationsgebäude zu Halle und für die Infection wandte ich ein höchst einfaches Verfahren an. Die Pilzfliegen von der jeweilig vorhergehenden Infection dienten als Material für die nächste, sie verblieben im Glase, wie sie sich im Tode gesetzt hatten und immer mit dem Ausbruche der Krankheit wurde das Glas für einen Tag mit einer Scheibe verdeckt und durch hinreichende Feuchtigkeit die Entleerung der Sporen und zugleich die Bildung von Secundärsporen möglichst begünstigt. Nun wurden die gesunden Fliegen zugelassen und zunächst in der feuchten Atmosphäre gehalten. Später blieb das Glas nur mit einem Drahtnetz verdeckt, über welchem ich die Fütterung mit erweichten Backfrüchten besorgte. Eingespritzte Wassertropfen schützten die Thiere vor der Verdurstung und an eingestellten Papierstäben fanden sie ein geeigneteres Terrain für Spaziergänge und Ruhestellen, als es die glatten Glaswände ihnen bieten können. In dem so eingerichteten Fliegenzwinger habe ich bis Ende Februar die Krankheit unterhalten, dann machte die leider eingetretene grosse Kälte und damit verbundene Sterblichkeit der Fliegen dem Versuche ein Ende. Mit nie fehlender Sicherheit trat die Krankheit in bestimmter Frist ein, ein Beweis für die Leichtigkeit der Infection, wie sie in der Natur vor sich geht. Die Aufzeichnungen der Tage, an denen ich den Pilz beobachtete oder der Zeitdauer zwischen der jedesmaligen Infection und der Eruption, die der Entwicklung des Pilzes in der Fliege entspricht, ergaben im Laufe des Winters bemerkenswerthe Schwankungen. Im November trat die Krankheit acht bis zehn Tage nach der Infection ein. Die Zahl der Tage stieg im December auf zwölf, erreichte mit vierzehn ihr Maximum und sank bis zum Schlusse des Versuches auf zwölf bis zehn Tage zurück. — Kann der Versuch, weil ihn widrige Umstände uner-

wartet hemmten, als ein geschlossener auch nicht angesehen werden, so ergiebt er doch das sichere Resultat, dass der Pilz unter den lebenden Fliegen zu überwintern vermag, daneben die zureichenden Daten sein räthselhaftes Erscheinen und Verschwinden mit Wahrscheinlichkeit zu erklären und unsere Vorstellung von dem Lebensbilde des Pilzes und dem normalen Verlaufe und Wiederausbruche der Pilzepidemie unter den Fliegen zu ergänzen. — Der Pilz existirt das ganze Jahr hindurch unter den lebenden Fliegen. Er verschwindet im Herbst mit den Fliegen, die er bewohnt, mit diesen wird er zu den Ueberwinterungsorten zurückgeführt. Unter dem Einflusse des Winters, vielleicht auch mit der abnehmenden Lebensintensität des Insectes, nimmt die Schnelligkeit seiner Entwicklung ab. Mit dem Beginn des Frühlings ist die Zahl der Fliegen erheblich reducirt und von den wenigen überlebenden geht die Krankheit, sich allmählich ausbreitend, wieder aus. Die Fliegen leben im Sommer im Freien und hier entzieht sich der Pilz zumal bei seiner noch geringeren Verbreitung der Beobachtung. Erst mit dem Herbst, mit der Einfuhr der Früchte, mit zunehmender Kälte der Nächte suchen die Fliegen die menschlichen Wohnungen auf, und nun tritt der Pilz durch seine mit der Zeit vorgeschrittene Vermehrung und durch die erleichterte Ansteckung beim engeren Zusammenleben der Fliegen, die Epidemie erzeugend, in die Erscheinung. — Noch ein zweiter und wichtiger Umstand erklärt seine beschränkte Verbreitung im Sommer, und die schnellere des Herbstes, — die Dürre des Sommers hemmt die Ansteckung, diese wird gefördert von der Feuchtigkeit des Herbstes.*)

Erst weitere Versuche und Beobachtungen, auf die ich in den nächsten Jahren bedacht sein werde, können bestimmt entscheiden, ob diese nach möglichster Wahrscheinlichkeit versuchte Erklärung völlig ausreichend ist. Auch auf neue Empusaarten sind derartige Versuche auszudehnen, bei denen man vielleicht zu anderen Resultaten kommt. Nicht ohne Interesse wird dabei der Einfluss nasser und trockner Jahre auf die Verbreitung und den Verlauf der Empusaepidemien sein und die Wirkung strenger Winter auf die Zahl der überlebenden Insecten, ferner das Vor-

*) Im letzten Sommer fand ich in den Wartesälen des Bahnhofes in Halle schon im Juli die Pilzepidemie unter den Fliegen verbreitet, die ohne Zweifel schon lange vorher ausgebrochen war. Ich bemerke diese Beobachtung hier, weil das exclusiv frühe Auftreten an dieser Stelle, während anderswo von der Krankheit noch nichts zu sehen war, nicht mehr auffällig erscheint, wenn man die Ueberwinterung der Fliegen in den Kellern des Gebäudes zu Hülfe nimmt.

kommen der Epidemien in andern Jahreszeiten als im Herbst. — Bezüglich des Raupenpilzes kann ich nur das schnelle Erlöschen der Keimkraft der Sporen angeben, ich war schon aus dem Bereiche der Epidemie und zureichenden frischen Materials, als ich zu der Ueberwinterungsfrage durch das schnelle Absterben der Sporen gelangte. — Von geschlechtlich erzeugten Fruchtkörpern oder Fortpflanzungszellen habe ich im Laufe der Untersuchung trotz besonderer Aufmerksamkeit auf sie nichts auffinden können, nicht im Beginn nicht am Ende der Epidemie; vielleicht dass mit der späteren Ausfüllung dieser Lücke in meiner Arbeit die Ueberwinterungsfrage sicherer zu entscheiden ist.

V. Zusammenstellung beider Pilze.

Nach der speciellen Beschreibung beider Pilze wird es gestattet sein, sie in den Hauptzügen ihrer Lebensgeschichte und ihrer Charaktere neben einander in Parallele zu stellen, den Grad ihrer Uebereinstimmung und Verwandtschaft zu ermessen und dann nach einem kurzen Vergleiche mit insectentödtenden und anderen Pilzen die definitive Benennung der Gattung und Arten zu geben.

Die Sporen des Raupenpilzes treiben auf allen Stellen der Haut der Raupen bei hinreichender Feuchtigkeit einen Keimschlauch durch jene hindurch in den Körper. Der Schlauch wächst zu einem mehrzelligen Faden heran und bildet bei seinem Eintritt in den Fettkörper in diesem durch rapides Wachsthum ein Mycelium aus dicht verflochtenen dicken Hyphen, die ihn bald ganz erfüllen, sich von da in das Blut und durch den ganzen Körper verbreiten und endlich die Raupe in eine fast vollständige Pilzpseudomorphose umwandeln. Damit ist das vegetative Stadium des Pilzes beschlossen, er fructificirt nicht im Innern, sondern bricht unverzüglich aus der Haut des Thieres hervor. Den eigentlichen Fruchthyphen eilen Haftorgane aus verbundenen unverzweigten Hyphen voraus, die nur am Unterleibe entspringen und die Raupe mit ihrer Unterlage fest verbinden. Mit ihrer völligen Ausbildung hebt die eigentliche Eruption des Pilzes gleichzeitig auf dem ganzen Körper an. Die sich reich verzweigenden Fruchthyphen bilden mit ihren fest verbundenen Verzweigungen ein geschlossenes Fruchtlager, welches sich in vieler Beziehung mit dem Hymenium von Hymenomyceten vergleichen lässt. — Die letzten Aeste sind die sporenabschnürenden Sterigmen, sie gliedern sich durch eine Scheidewand ab und bilden durch Ausstülpung an ihrer Spitze je eine spindelförmige Spore, die durch Aufplatzen des Sterigma sammt dessen Inhalt abgeworfen wird. Jedes Sterigma bildet nur eine

Spore und geht unter, aber jeder Faden bildet *viele* Sterigmen. Die Sporen keimen bald durch Austreiben eines Keimschlauches, bald durch Bildung einer secundären Spore an der Spitze eines fadenförmigen Fortsatzes, der in die Luft ragt, je nachdem sie unter oder über dem Wasser liegen.

Die Sporen des *Fliegenpilzes* keimen auf der Fliegenhaut und senken ihre Keimschläuche am Unterleibe der Fliege direct durch die Haut in den Körper ein. Der Keimschlauch wächst nicht zu einem zelligen Faden aus, sondern seine erste Zelle treibt hefeartige Sprosse, die sich trennen und im Fettkörper ansiedeln. Sie vermehren sich hier, indem jede Zelle wieder zur Mutterzelle wird und neue Sprosse treibt. Die Vermehrung der Zellen ist eine sehr beträchtliche und geht durch viele Generationen fort, bis der Leib der Fliege von den Pilzzellen erfüllt ist. Die letzten Sprosse trennen sich nicht mehr von der Mutterzelle, sie wachsen aus zu je *einer* langen Zelle, die sich an einem Ende schlauchartig erweitert. Die Spitzen der Schläuche durchbohren die Haut, ordnen sich neben einander und bilden durch Ausstülpung *eine* glockenförmige Spore, die durch Platzen und Schrumpfen des Schlauches, von dessen Plasma umhüllt, in die Umgebung geschleudert wird. Das Plasma des Schlauches, der nach der Explosion untergeht, hat die Fähigkeit noch nach seiner Entleerung eine membranartige Hülle um die Spore abzuscheiden, die dieser als Schutz dient und zugleich ihre Keimung befördert. Diese erfolgt in directer Berührung mit Wasser in Gestalt eines dicken Fadens, sonst wird an einem aufragenden kurzen Fortsatze eine Secundärspore gebildet, in die nur *ein* Theil des Inhaltes der Mutterspore übergeht, der in ihr verbleibende andere Theil führt durch Wassereinlagerung und Sprengung ihrer Membran ein abermaliges Abwerfen der Secundärspore herbei.

Alle charakteristischen Vorgänge in der Entwicklung des Raupenpilzes finden wir beim Fliegenpilze wieder. Die Form des ersteren ist eine hochentwickelte und reichgegliederte, das Mycelium besteht aus einem vielzelligen fädigen Geflechte, es sendet nach Art der hochentwickelten Pilze dicke Hyphenmassen, gewebeartig verbunden, seinem Fruchtlager voraus, ihm folgen die Fruchthyphen, die sich verzweigen, eng verbinden und einen geschlossenen Fruchtkörper bilden. — Zu einer einfacheren Form, wie sie der Fliegenpilz uns darbietet, eine Form, die zu einem einzelligen, den einfachsten Pilzen gleichen Organismus herabgedrückt ist, und die doch in ihrer Einfachheit die durchgreifendsten Charaktere jenes äusserlich so total verschiedenen Pilzes bewahrt hat, kann innerhalb der Grenzen einer Gattung nicht

wohl zurückgegangen werden; und sehen wir in dem Fliegenpilze den einen Endpunkt der Gattung, so bedingt die Formverschiedenheit beider Pilze die Verweisung des Raupenpilzes nach dem entgegengesetzten Ende. Zwischen beiden wird eine Menge Mittelglieder bestehen, die noch zu finden und einzureihen sein werden. Höchst wahrscheinlich gehören auch die von Fresenius beschriebenen Formen hierher, eine Entscheidung ist aber nicht eher zu treffen, als bis sie wiedergefunden und im frischen Zustande untersucht sind.

Mit anderen bisher bekannten Gattungen von Pilzen, die lebende Insecten bewohnen, hat die unserige keine nähere Verwandtschaft. Sie bilden Perithecien oder nur Conidienlager, die hier beim Vergleiche allein in Betracht kommen können.

Botrytis Bassii und die Isarien haben eine zweifache Sporenbildung, Cylinderconidien, die durch Abschnürung direct an den Hyphen gebildet werden und andere Conidien, die durch reihenweise Abschnürung oder succedane Köpfchenbildung an der Spitze von Sterigmen entstehen, die in Menge oft dicht nebeneinander im Laufe eines Fadens entspringen.

Hiergegen hat unsere Gattung nur eine Art der Sporenbildung, und diese besteht in der Abgliederung einer Spore auf einem Sterigma oder Schlauche, die beide durch Aufplatzen die Spore mit ihrem Inhalte abwerfen und sofort untergehen. In diesen beiden Vorgängen ist dieselbe so besimmt und eigenartig charakterisirt, dass sie sich ganz besonders hierin von anderen Pilzgattungen und Familien unterscheidet und dass wir sie vorläufig als einzige Vertreterin einer Gruppe von Pilzen hinstellen müssen, deren nähere Verwandtschaft vorläufig dahingestellt bleiben muss. — Schon die früheren Autoren haben in dem Fliegenpilz eine neue Gattung aufgestellt, die später von Fresenius durch neue Arten bereichert wurde. Die Gattung wurde aber als eine neue anerkannt, bevor ihre Charaktere richtig erkannt und präcisirt waren. Jetzt ist sie als eine wohlbegründete anzusehen und die Frage zu entscheiden, welchen Namen sie führen soll. Wir haben dabei die Wahl unter drei bereits vorhandenen: *Empusa* (Cohn), *Myiophyton* (Lebert) und *Entomophthora* (Fresenius). Von diesen hat der erste, älteste bereits den meisten Eingang gefunden.

Er wurde von Fresenius auf Grund formeller Bedenken verworfen und der dritte, jedenfalls bezeichnendste eingeführt. Der Name Myiophyton dürfte sich wohl derzeit nicht beibehalten lassen. Je nachdem man Fresenius' Bedenken beipflichtet oder nicht, wird daher unsere Gattung Empusa oder Entomophthora zu

nennen sein, und, wenn mit der Zeit die vermehrte Artenzahl eine Trennung der vorläufigen einen Gattung in zwei wünschenswerth macht, die beiden genannten Namen für diese verwendet werden können. Für den Fliegenpilz ist der Name *E. Muscae* selbstverständlich beizubehalten; unser Raupenpilz sei, nach seinen eigenthümlichen Haftorganen, *Empusa radicans* oder *Entomophthora radicans* genannt.

Wenden wir zum Schlusse noch den Empusen in ihrer Bedeutung als „insectentödtende Pilze" kurz unsere Aufmerksamkeit zu, und betrachten wir zunächst die Beziehung der Pilze zu der Krankheit des Insects nicht für sich, wie es geschah, sondern im Vergeich mit anderen Pilzen und Pilzkrankheiten der Insecten. Der Vergleich wird ein sehr beschränkter sein, da hier als genau untersucht nur die Isarien, Botrytis Bassii und Cordyceps, die sich annähernd gleich verhalten, in Betracht kommen können.

Die letzteren Pilze vergiften das Blut der Insecten, das die durch die Haut eingedrungenen Keimschläuche der Sporen nach zehn bis zwölf Tagen erreichen. Von ihnen geht die Bildung von Cylinderconidien aus, mit deren Vermehrung im Blute das Thier zusehends schlaff und matt wird und bald stirbt. Der Leib ist weich und äusserst zusammengefallen, der Pilz befindet sich im Blute, das in jedem Tropfen eine Menge jener kleinen zarten Zellen aufweist. Die Conidienbildung hört an einem bestimmten Zeitpunkte auf und die Conidien wachsen zu einem feinfädigen Mycelium aus, das erst das Blut, dann alle Körpertheile verzehrt. Mehrere Tage nach dem Tode erscheint nun plötzlich der früher collabirte Leib wieder aufgetrieben in normaler Fülle. Nun erst ist die Raupe eine völlige Pilzpseudomorphose und der Pilz bricht hervor, um nach weiterer vegetativer Entwicklung, im Laufe von Wochen, an seinen Myceliumfäden zu fructificiren. Entbehrt der abgestorbene Leib des Thieres die nöthige Feuchtigkeit für die Entwicklung des Pilzes, so trocknet er ohne jegliche Fäulniss mit dem Pilze mumienartig ein; noch nach Jahresfrist ist der Pilz unter dem Einflusse von Feuchtigkeit entwicklungsfähig.

Die Empusen sind ungleich zerstörender. Schon mit dem dritten Tage erreicht der eingedrungene dicke Schlauch der auf der Haut keimenden Spore den Fettkörper, von dem sich der Pilz in Gestalt eines riesigen Myceliums oder zahlreicher Sprosszellen durch den ganzen Körper ausdehnt. Nicht im Blute, sondern zunächst im Fettkörper geht die vegetative Entwicklung des Pilzes vor sich, in jenes gelangt er immer nur in Folge seiner ungehinderten Ausdehnung. Die Lebenskräfte des Thieres sinken ohne jegliche äusserlich am Körper wahrnehmbare krankhafte Erscheinungen. An die

Stelle der innern Körpertheile tritt ohne Aenderung des Volumens der Pilz und mit völliger Besitznahme ist das Leben des Thieres erloschen. Der Cadaver ist nicht schlaff, er erscheint straff und eher gedunsen. Mit dem Consum der vorgefundenen Nahrung geht das vegetative Stadium der Pilze zu Ende, das nicht ausserhalb, sondern nur im Innern des Thieres abläuft. Ihm folgt unmittelbar die Fructification an der Oberfläche des Körpers, jede Unterbrechung ist dem Untergange der Pilze gleichbedeutend. Die Empusen sind, wiewohl colossal und massig in ihren Formen, äusserst weichlich und vergänglich; sie verbreiten einen widrigen fäulnissartigen Geruch um sich.

Die Bedeutung dieser insectentödtenden Pilze im Haushalte der Natur ist gewiss keine unwichtige. Durch grosse Epidemieen, wie die alljährliche der Stubenfliege, hemmen sie die übergrosse Vermehrung einzelner Species von Insecten und hindern so das Ueberhandnehmen einer Art zu Ungunsten einer anderen. Sie treten nicht immer auffällig wie *Empusa Muscae* in die Erscheinung, in ihrer ephemeren Existenz, wie wir sie bei der *Entomophthora* oder *Empusa radicans* kennen lernten, die nur für einige Stunden erscheint und wieder verschwindet, entziehen sie sich als geheime Agenten der Naturpolizei den Augen der Menschen. Ihr Wirken erklärt das Verschwinden von grossen Raupenmassen, die durch günstige Umstände in ihrer Vermehrung gefördert, in einzelnen Jahren zeitweise grosse Verwüstungen anrichten. Sie sind die Feinde der Raupen, die die Culturgewächse zerstören, sie sind die Feinde der Fliegen, der Störenfriede menschlicher Ruhe, und hierdurch werden sie zu Freunden und Gehülfen der Menschen, sie haben eine grosse praktische Bedeutung, einen nicht zu unterschätzenden ökonomischen Werth und ihre Verbreitung ist möglichst zu unterstützen.

In ihrer kurzen Lebensdauer und der schnell erlöschenden Keimfähigkeit der Sporen hat die Natur ihrem andauernden und schädlichen Wirken ihrerseits eine Grenze gesetzt. Immerhin aber wird es möglich sein frisches Sporenmaterial der Pilze, wo sie sich finden, nach den Orten des Raupenfrasses zu bringen und durch Infection die Epidemie einzuleiten. Bei der *Empusa Muscae*, die sich in den überwinternden Fliegen zur jährlichen Wiederkehr erhalten kann, wird man die Epidemie fördern, wenn man die Pilzfliegen ungestört ihre Sporen entleeren lässt, und durch feuchte Atmosphäre die Bildung von Secundärsporen und durch sie die Ansteckung begünstigt.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Entomophthora radicans.

fig. 1. Ansicht von Kohlraupen, die durch *Entomophthora radicans* getödtet sind, a eine Raupe aus der nur erst die Haftorgane des Pilzes zwischen den Beinen am Unterleibe ausgebrochen sind, b eine solche vom blühenden Pilze eingehüllt. Natürliche Grösse.

fig. 2. Reste der Raupe nach der Sporenentleerung des Pilzes, die abgeworfenen Sporen in Haufen umherliegend. Natürliche Grösse.

fig. 3. $^{300}/_{1}$ Sporen der Entomophthora.

fig. 4. $^{650}/_{1}$ dieselben stärker vergrössert.

fig. 5. $^{300}/_{1}$ Sporen die in Wasser keimen, a Beginn der Keimung, b Wachsthum und Gestalt der Keimschläuche.

fig. 6. $^{300}/_{1}$ Keimung der Sporen auf Wasser, a Bildung je einer secundären Spore aus der Mutterspore, b Bildung von zwei derselben aus einer Mutterspore, c Bildung von Tertiärsporen.

fig. 7. $^{300}/_{1}$ Freigelegte Hautstücke inficirter Raupen mit keimenden Sporen und deren in die Haut ein- und durchgedrungenen Keimschläuche, a die Haut von Innen gesehen, b dieselbe von der Aussenseite, c Hautstück mit Keimschläuchen, die im Körper der Raupe sehr lang ausgewachsen aber durch die Anwesenheit von Tachinen in der Entwicklung gehindert sind.

fig. 8. $^{300}/_{1}$ Ein Stück Mycelium aus dem Fettkörper der Raupe frei präparirt.

fig. 9. $^{300}/_{1}$ Myceliumfäden verschiedener Dicke.

fig. 10. $^{300}/_{1}$ Zellen die als abgetrennte Aeste des Mycelium im Blute der Raupe auftreten, a die kleinsten dieser Zellen, b grössere aus demselben Blutstropfen der Raupe.

Taf. II.

Entomophthora radicans.

fig. 11. Haftorgane des Pilzes, die ungehindert an freigelegten Raupen ausgewachsen sind. a ($^{80}/_{1}$) In ganzer Form, b ($^{300}/_{1}$) die Spitzen eines Haftbündels stärker vergrössert, die Endzellen sind sehr inhaltsreich und etwas geschwollen.

fig. 12. $^{300}/_{1}$ Dünner Querschnitt einer Raupenhaut, durch die der Pilz ausbricht, a Innenseite, Mycelium im Körper, b Aussenseite, austretende Hyphen, c Hyphen in der Haut in continuirlicher Verbindung mit dem Mycelium und den austretenden Fäden.

fig. 13. $^{300}/_{1}$ Spitzen fructificirender Hyphen, a Bildung der Sterigmen durch starke Astbildung der Hyphen, b Sterigmen in der Sporenbildung begriffen, c desgleichen.

fig. 14. $^{80}/_{1}$ Ansichten des fructificirenden Pilzes auf der Raupe, a einzeln, b bündelweise ausbrechende Hyphen.

fig. 15. $^{40}/_{1}$ Querschnitt einer pilzerfüllten Raupe, auf der aussen der ausgebrochene Pilz zu fructificiren beginnt. Der Körper ist bis auf den Darm in seiner Mitte, einige Tracheen und Muskelcontouren ganz vom Pilzmycelium eingenommen. Im Darm die unverletzten Bissen der Raupe aus dem Kohlblatte, in deren Zellen das Chlorophyll noch unverändert geblieben. Aus Rücksichten auf den Raum ist nur ein Theil des auf der Raupe fructificirenden Pilzes in der Figur wiedergegeben.

Taf. III.

Empusa Muscae.

fig. 16. Eine Pilzfliege, die im Sporenwerfen begriffen ist. Der Hof um die Fliege ist von den abgeworfenen Sporen gebildet. Natürliche Grösse.

fig. 17. Theile frei präparirter Fliegenhäute von der weissen Unterleibsstelle mit keimenden Sporen der Empusa und ihren eindringenden Keimschläuchen. a ($^{300}/_{1}$) die Haut von Innen gesehen mit aufliegender Spore, deren Schlauch schräg eindringt, b desgleichen mit senkrecht eindringendem Keimschlauche, c desgleichen mit schräg eindringendem Schlauche, d ($^{450}/_{1}$) ein Hautstück von Aussen gesehen stärker vergrössert mit noch in der Haut befindlichem schräg eingedrungenem Schlauche, e ($^{600}/_{1}$) desgleichen mit durchgedrungenem Keimschlauche, dessen Endzelle im Leibe der Fliege bereits in der Vermehrung durch Sprossung begriffen ist.

fig. 18. $^{400}/_{1}$ Familien hefeartig sprossender Empusazellen aus dem Fettkörper einer weiblichen Fliege.

fig. 19. $^{300}/_{1}$ Empusazellen aus dem Fettkörper einer Fliege zum Theil noch in der Vermehrung, zum Theil schon im Auswachsen zu Fruchtschläuchen begriffen.

fig. 20. $^{300}/_{1}$ Dem Fettkörper entnommene Empusazellen in weiter vorgerücktem Zustande.

fig. 21. $^{300}/_{1}$ Empusaschläuche, die sich zur Fructification anschicken, a dieselben noch im Körper der Fliege, b u. c dieselben an der Spitze keulenförmig angeschwollen und bereits mit dem geschwollenen Ende aus der Fliege ausgebrochen. Die Schläuche sind unmittelbar vor und in den verschiedenen Stadien der Sporenbildung begriffen, einer trägt eine fertige Spore.

fig. 22. $^{80}/_{1}$ Ansicht einer Gruppe von Schlauchspitzen, wie sie zur Fructification aus der Fliege ausgebrochen sind, in die Luft ragend.

fig. 23. $^{80}/_{1}$, $^{300}/_{1}$, $^{360}/_{1}$ Schlauchspitzen verschieden stark vergrössert mit vorgeschrittener und beendigter Sporenbildung, in Luft und Salzlösung.

fig. 24. $^{300}/_{1}$ Schlauchenden, wie sie nach der Explosion der Schläuche im Fliegenleibe zurückbleiben.

Taf. IV.

Empusa Muscae.

fig. 25. Sporen der Empusa trocken aufgefangen, gleich und einige Stunden nach ihrem Abwerfen gezeichnet, a u. b ($^{80}/_{1}$ u. $^{300}/_{1}$,) dieselben unmittelbar nach der Explosion des Schlauches, die einzelne Spore dem Plasma des Schlauches eingebettet, c ($^{630}/_{1}$) eine solche Spore stärker vergrössert, d einige Stunden später gezeichnete Sporen, um die das austrocknende Plasma des Schlauches faltig zusammensinkt.

fig. 26. Sporen der Empusa in Wasser aufgefangen, a $^{300}/_{1}$ dieselben gleich nach der Explosion des Schlauches mit zergehendem, b $^{300}/_{1}$ mit schon zergangenem Plasma des Schlauches, von dem noch kleine Körnchen den Sporen anhaften. c ($^{300}/_{1}$, $^{360}/_{1}$) ganz freie Sporen in natürlicher Gestalt.

fig. 27. $^{80}/_{1}$ u. $^{300}/_{1}$ Sporen um die sich aus dem Schlauchplasma ganz geschlossene Hüllen gebildet haben, a einzelne dieser Sporen, b zusammengeworfene und verbundene.

fig. 28. $^{80}/_{1}$ Stück eines Fliegenkörpers mit fructificirenden Empusaschläuchen. An den Haaren hängen abgeworfene durch das Schlauchplasma angeklebte Sporen, die zum Theil Secundärsporen gebildet haben.

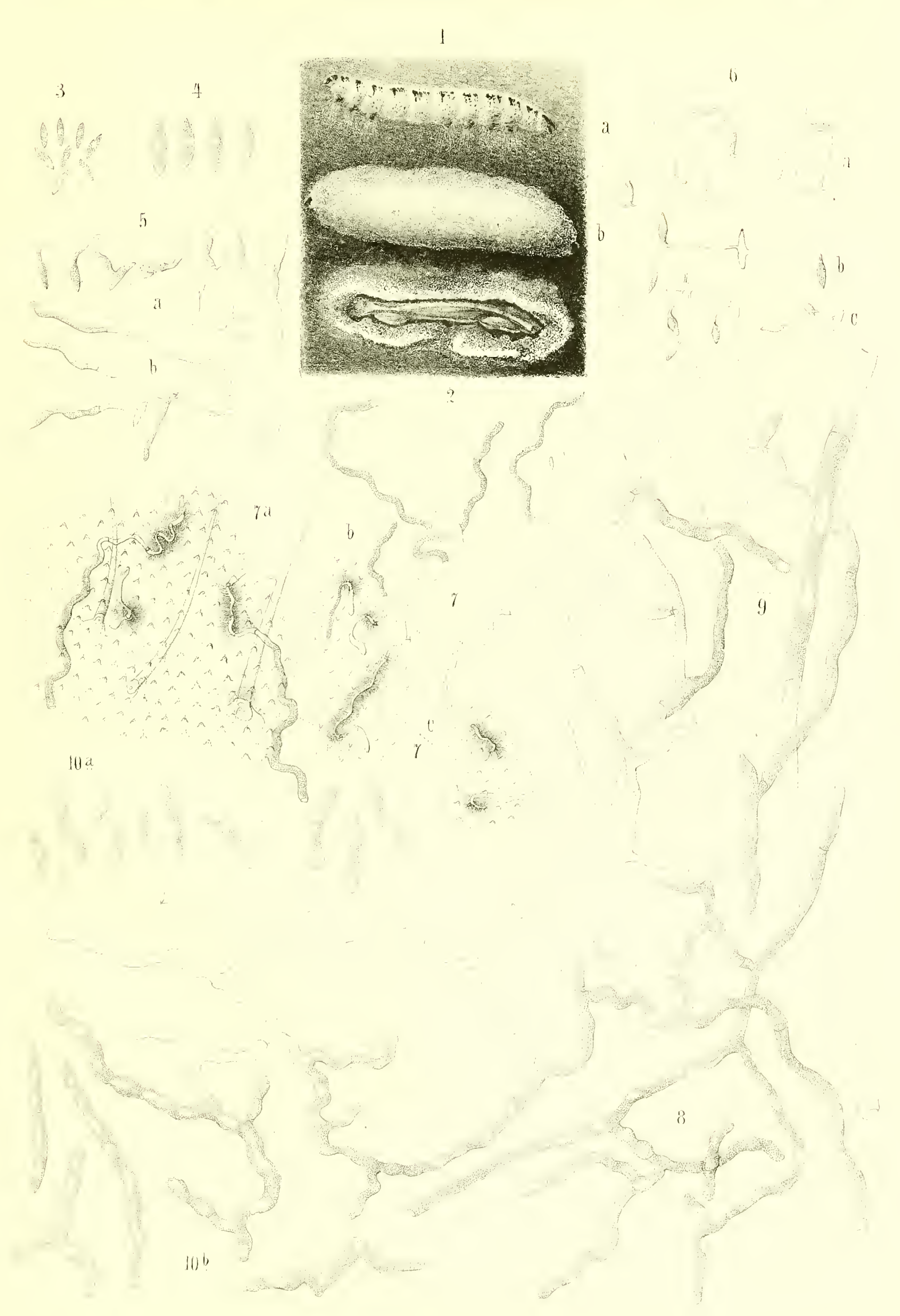
fig. 29. $^{300}/_{1}$ u. $^{450}/_{1}$ Abgeworfene Empusasporen, die auf feuchten Objectträgern Keimschläuche getrieben haben, a unbedeckt gezeichnet mit den Hüllhäuten um die Sporen, b unter Deckglas ohne die Hüllen gezeichnet. c Ein sehr kleines Mycelium aus weiterer Cultur der Schläuche in Fliegendecoct; aus Raumrücksichten konnte kein grösseres Mycelium abgebildet werden.

fig. 30. Bildung von Secundärsporen a bei 80facher, b bei 300facher, c bei 630facher Vergrösserung. Die Zeichnungen sind theils nach in Luft, theils nach unter Deckglas liegenden Präparaten ausgeführt.

fig. 31. $^{80}/_{1}$ u. $^{300}/_{1}$ Abgeworfene und keimende Secundärsporen, a dieselben mit zugehörigen leeren und umhüllten Muttersporen, b ohne diese, c die abgeworfene Secundärspore mit dem Plasma der Mutterspore umhüllt, das bei a u. b. der Einfachheit halber weggelassen ist.

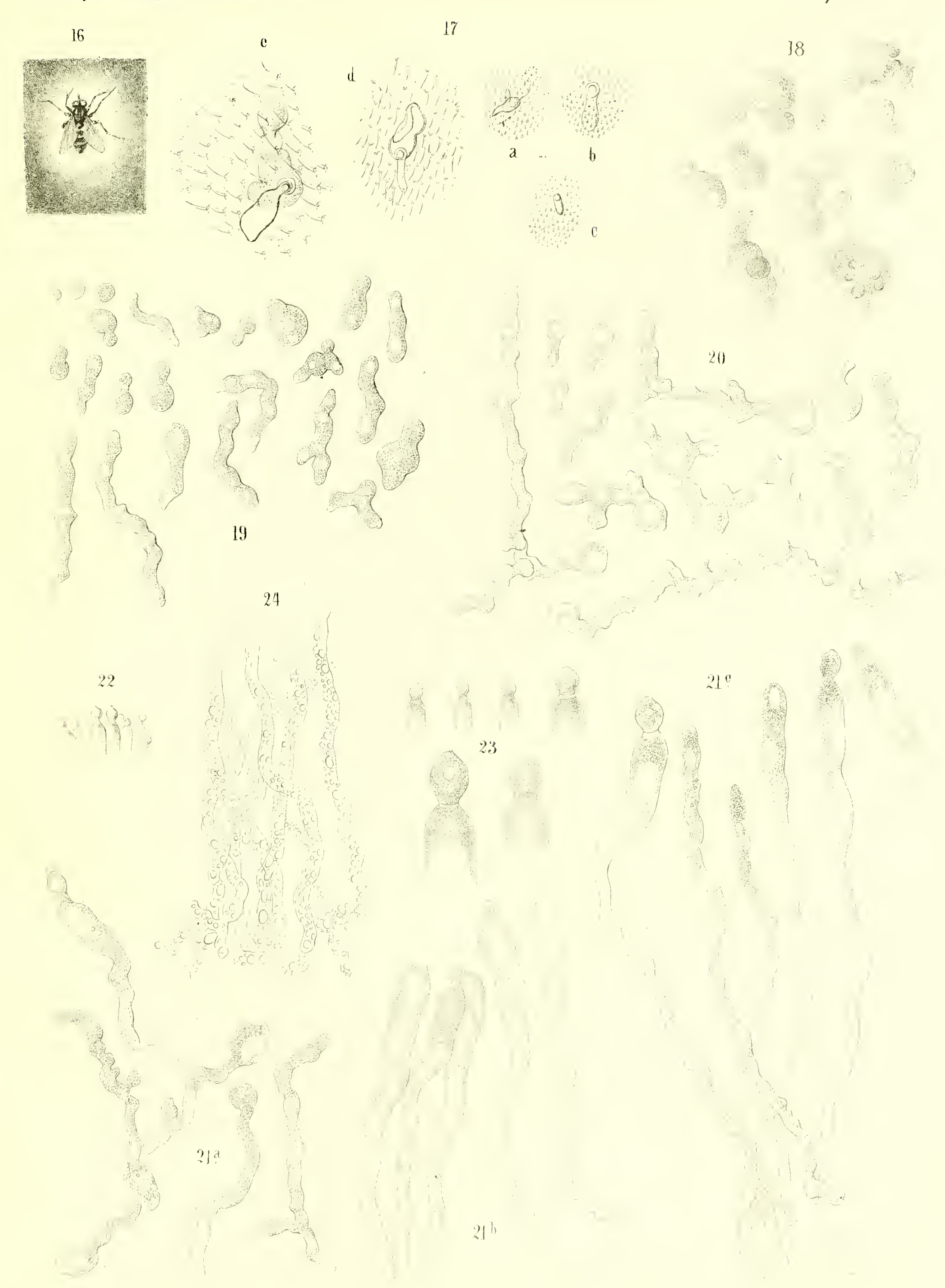
fig. 32. $^{120}/_{1}$ Keimende Empusazellen aus dem Leibe einer Fliege in Kochsalzlösung cultivirt.

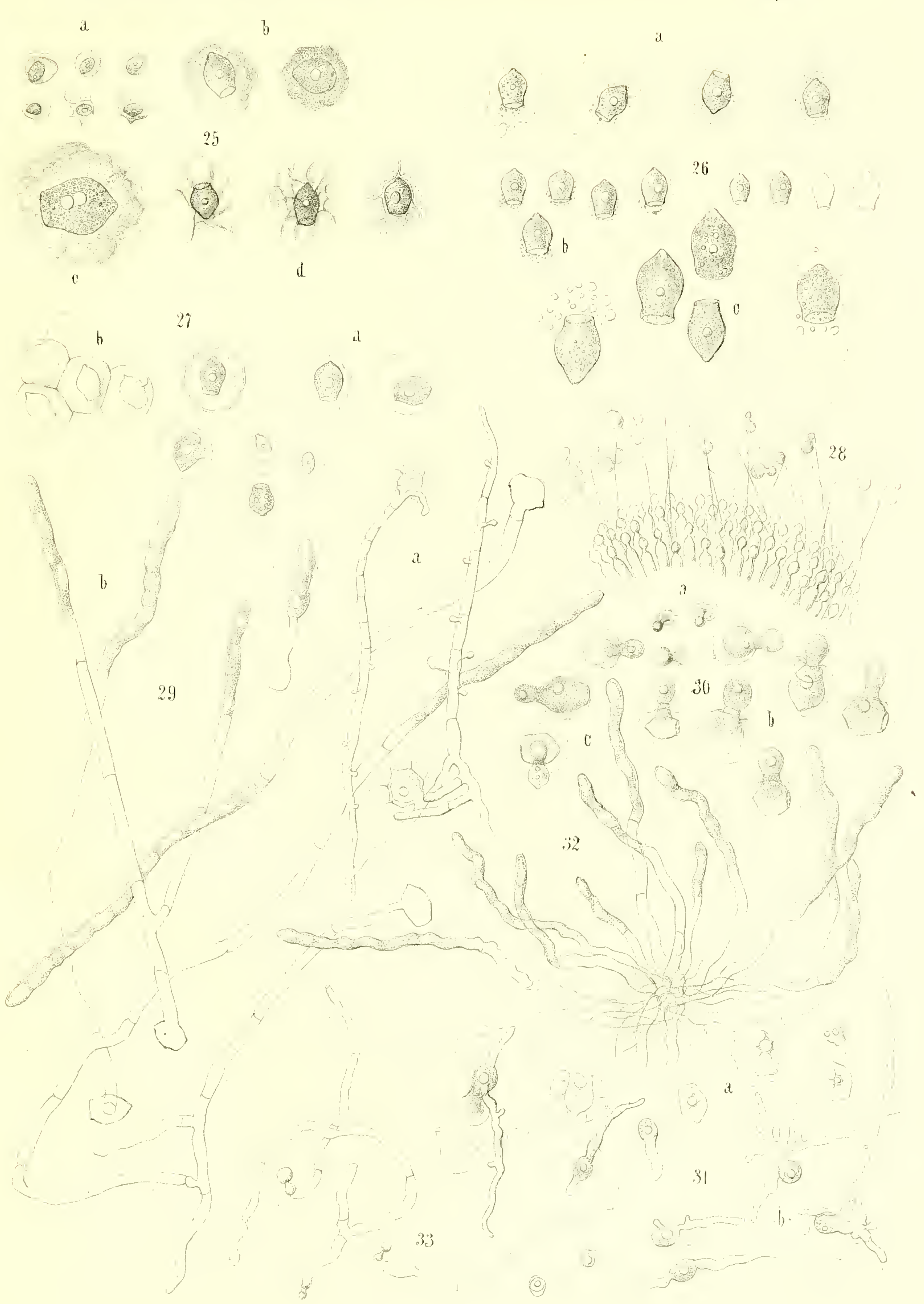
fig. 33. $^{120}/_{1}$ dieselben zu Fäden ausgewachsen, die in Luft je eine Empusaspore an ihrer Spitze bilden.


1
2
3
4
5
6
7a
7
8
9
10a
10b



11 b
11 a
15
a
b
c
13
b
12
c
a
14
a
b


16
17
e
d
a
b
c
18
19
20
24
22
23
21c
21a
21b


25
a
b
c
d
26
a
b
c
27
a
b
28
29
a
b
30
a
b
c
31
a
b
32
33